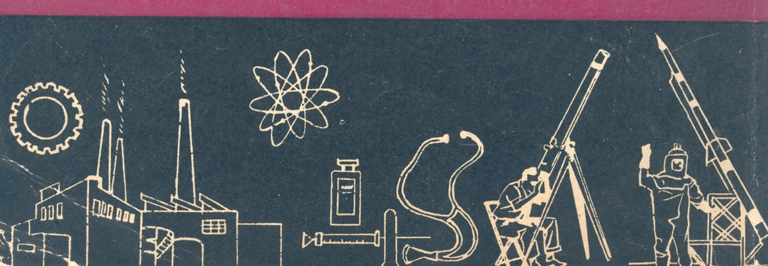
العلم للجميع

الكشف العلمي

تأليف : د. م. بتيرينز

ترجمة : أحمد محمود سليمان

مراجعة : د. محمد جمال الدين الفندي



العلم للجميع
العدد ٥

سلسلة تصدر نصف شهرية عن

دار الكاتب العربي للطباعة والنشر
المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر
وزارة الثقافة

العلم للجميع

الكشف العلمي

تأليف : د. م . ستيرنر

ترجمة : أحمد محمود سليمان

مراجعة : د. محمد جمال الدين الفندى

- ما هى اللدائن ؟
- ماهى المضادات الحيوية ؟
- ماهو القانون العلمى ؟
- لماذا نرتاد الفضاء ؟
- كيف اكتشفت الكهرباء ؟

تقـــديم

كان العلم حتى وقت حديث يدرس فى معاهد التعليم وفى كل مكان آخر سواها على اساس واقعى • وكان المدرس يعتبر أنه قد أدى واجبه حينما يكون قد شرح الظواهر ، وأثبتها ، وربطها بنظرية مقبولة معقولة• ونتيجة لذلك يكون الأمر من وجهة نظر التلميذ قد اتخذ مظهر الانتهاء •

وهذا الاتجاه الذى لا يتلاءم مع أى فرع من فروع المعرفة الحقـــة لا يتلاءم بوجه خاص مع الفرع من المعرفة الخاص بالطبيعـــة والذى يسمى ((العلم)) ، وذلك لأن العلم مثله مثل أى نوع من أنواع المعرفة له أسس ثابتة وطيدة فى المـــاضى • ان الشخص الذى يشتغل بالعلم انما يشغل نفسه بمعرفة انحدرت اليه من أسلافه ، تماما كما يفعل المحامى أو كمـا يفعل رجل الدين • واذا كانت مادة المعرفة العلمية تتطور وتنمو بدرجة أسرع من الشرائع القانونية أو الدينية ، فان ذلك يكون أدعى لمعرفة شىء عن أحوال تغيرها ونموها • ومن الممكن أن يتم هذا فقط عن طريق دراسة تاريخها ، فالعلم ما هو الا نتـاج حيوى يمكن ايضاح طبيعته الحقة فقط بتتبع قصة تطوره، مثله فى ذلك كمثل النتائج الأخرى لأوجه النشـــاط الحيوى • ان الماضى والحاضر وحدة لا انفصام لها •

ومع ذلك فليس عمليا أن نقتصر على تدريس قصة العلم خلال التاريخ فحسب • ان التعليم الآن منظم ، ونظام الدراسات المتجانسة أكثر ارضاء للنفس ، من جهة لأن الظروف الحالية للتعليم المعملى التجريبى لا تتلاءم بسهولة مع الشرح التاريخى ، ومن جهة أخرى فانه من غير المرغوب فيه اطلاقا أن نصرف ذهن التلميذ عن الحقيقـة الجوهرية التى تتلخص فى أن العلم فى جوهره يختص بالبرهان المباشر لا بالحوار الذى يدور حول هذا البرهان •

انني أندفع حيث تدفعنى الحقائق بقوتها
اذ لا ســـيد لى ألتـــزم بكلمـــاته

هورس

ان هذين البيتين للشاعر الرومانى هورس(١) قد أوجزا ايجـــازا مناسبا جدا اتخذ شعارا لأول جمعية علمية فى بلادنا ((لا تقديس لكلمة انسان)) ٠

ان تعليم التاريخ فى ذات طبيعته لا يمكن أن يقترن باقامة البرهان٠ وانى لأرى أنه من الحكمة لهذا السبب أن نفصل التـــاريخ عن التعليم التجريبى ، وانه من الأحرى أن نقوم بتدريس تاريخ العلم كفرع مستقل بذاته من أن نربط بين التـاريخ والعلم ٠ اننا نحتاج لكل منهما بدرجة متساوية ٠ وربما يحين الوقت الذى توجد فيه طريقـــة مرضية لربط الاثنين ســـويا ٠ وحتى يحل هذا الوقت فانه من شأن مؤلفات كمؤلف الدكتورة تيرنر أن تقف حائلا دون انتكاس العلم منحدرا الى الحـــالة العقائدية التى ما زال معرضا كل التعرض لأن يتخذها ٠

شارلز سنجر

---

(١) الشاعر والهجاء الرومانى الشهير (٦٥ ـ ٨ ق٠م) واسمه الحقيقى فلاكوس كوينتوس هوريشيس ، وكان صديقا لفيرجيل ، وقد أكتسب شهرة خالدة بهجاءاته وأناشيده وأغانيـــه ٠

(المترجم)

مقدمة

لقد حاولت فى هذا السفر أن أبين كيف نمت بعض نواحى معرفتنا العلمية الحالية ، وانحصرت معالجتى لهذا الأمر فى النقاط العامة • وكلما دنوت من الأزمنة الحديثة كلما اقتضى الأمر ايجازا أوفى • وقد اقتضب عدد الأسماء المذكورة الى أضيق الحدود الممكنة • ومن الواجب اعتبار هؤلاء الرواد الذين ذكرت أسماؤهم أمثلة نمطية لعصرهم ، لا أن يؤخذوا على أنهم هم الذين أسهموا بمفردهم فى كشف معين •

وانى لمدينة فى اعداد هذا الكتاب لكثير من الأصدقاء لاسدائهم الى كثيرا من المعونة القيمة • لقد وجد الأستاذ شارلز سنجر ، ومسز سنجر وقتا لقراءة المخطوط ونقده وسط دورة محاضرات شاقة •

وعلى أن اعبر عن امتنانى فوق ذلك للأستاذ سنجر لتقديم هذا الكتاب ، بينما تكرمت مسز سنجر ووضعت تحت تصرفى نتائج بعض ابحاثها عن نقولا الكوزوى • وقرأ الدكتور ايفور هارت المخطوط بأجمعه وأعاننى بكثير من النقد القيم • ومد الى يد المساعدة فى نقاط خاصة كل من المستر روبرت ستيل ، والدكتورة ليلى ميستر ، والآنسة فرانسز كولينز ، والآنسة مود وليمز ، والدكتور روبرت ديبس ، والمستر ر• هـ• ريت• ، وقد تكرم الأستاذ فراكنبيرجر أستاذ علم الأنسجة بجامعة كومنسكى فى براتسلافا فأمدنى بالصور الدقيقة المجهرية التى تضمنتها لوحات الفصل الحادى عشر • وساعدنى المستر أ• ا• اليس من المتحف البريطانى مساعدة كبيرة فى اختيار وسائل الايضاح •

وانى لمدينة بشكر خاص لزوجى لنقده القيم ولنصيحته وتشجيعه •

د• م• تيرنر

مقدمة الطبعة الثانية

أثناء اعداد هذه الطبعة الجديدة قمت باجراء بعض التنقيح فى الفصل العاشر والحادى عشر والثانى عشر ، وأعدت كتابة الفصل الثالث عشر مضيفة اليه فيما عدا القسمين الأخيرين منه • أما الفصلان الرابع عشر والخامس عشر فهما جديدان كل الجدة • وانى لمدينة بالكثير للآنسة جويس رجبى وللدكتور ايفور هارت لمعاونتهما لى فى بعض النقاط الخاصة • وللدكتور أ• آسثوبرت أندرود مدير المتحف الطبى التاريخى فى ولكومب لوضعه تحت تصرفى المواد التى استقيت منها وسائل ايضاح لهذه الطبعة • وانى لمدينة كذلك بأطيب تشكراتى للمستر ن• ا• ج• رولينز المستشار العلمى للمشرفين على صالة العرض القومية وذلك من أجل الصورة الاشعاعية السينية لرأس رجل رسمها الفنان أنتونيللو •

د• م• تيرنر

مقدمة الطبعة الثالثة

ان المدى الذى وصل العلم اليه الآن فى تشكيل حياة الناس ، وأفكارهم أدى الى الرأى القائل بأنه من الواجب أن يكون للعلم نصيب فى تاريخ الحضارة • وبذلك يجد له مكانا فى البرامج المدرسية •

وقد أتت المطالبة بهذا من أولئك الذين يراودهم الأمل فى أن مثل تلك الدراسة سوف يكون من شأنها أن تهيىء لغير العالم بعضا من الادراك للعلم ، كما تكون تدريبًا مفيدا لأولئك الذين يميلون الى الاستهانة بما أنجزه الماضى من أعمال مجيدة •

وبمثل هذه الأفكار التى دارت فى خلدى نقحت كتابى الأول فى تاريخ العلم ، وأضفت فصولا الى بعض الموضوعات الكثيرة التى يصادفها القارىء العادى الآن فى كل مكان •

د• م• تيرنر

الفصل الأول

نظرة إلى الوراء

١ ـ بعض مميزات التفكير فى القرون الوسطى

تصور لحظة أنك تعيش فى انجلترا فى القرن الثانى عشر ، وأنك مهما كانت مهنتك ستتشرب آراء معينة ، ونظرة معينة الى الحياة من أولئك الناس الذين تعيش بينهم ـ انك ستتطلع الى الماضى باحثا عن الحكمة والحقيقة ، وحينما تطرأ مسألة فانك ستبحث عما قاله قدامى المؤلفين بصددها ، وتصدق دون جدال ما قالوه ٠ وستتولاك الحيرة وتصدم لو أنك سمعت عن رجل عالم يقوم باجراء تجارب ، ولن يطرأ على بالك اطلاقا أن تقوم باكتشاف أمر بنفسك ٠

ان حكمة الماضى التى لا قت مثل هذا التبجيل خلال القرون الوسطى كانت غالبيتها مستمدة من مؤلفات اغريقية معينة وجدت طريقها الى أوربا المسيحية ٠ ولكن تلك المؤلفات تداولتها ترجمات عدة وتسربت اليهـــا أخطاء حتمية فكثير من المؤلفات الاغريقية الأصيلة ترجمت الى السريانية«١» أو العبرية ، ثم بعد ذلك الى العربية ، ثم الى اللاتينية ٠ ولم تكن هناك آلات طباعة فى تلك الأيام ، فكان لا بد من نسخ كل كتاب باليد ٠ وعلى ذلك فان النسخ واعادة النسخ المستمرين جعلا أخطاء الترجمة أشد فحشا ٠ ونتج عن ذلك أن المؤلفات العلمية الأولى التى وصلت أوربا المسيحية كانت تختلف اختلافا بينا فى معناها عن أصولها الأولى ٠ وعلاوة على ذلك لم تكن كل مؤلفات الكتاب القدامى ميسورة اقط ٠ ونتيجة لذلك وبصرف النظر عن أخطاء الترجمة والنسخ فان مفكرى القرون الوسطى لم يكن لديهم المام تام بعلوم الماضى ٠

أما الآن فان العلم لا يمكن أن يتلقفه جيل من جيل آخر أو تتلقفه حضارة جديدة من حضارة قديمة كما يتلقف الانسان طرودا محزمة تحزيما

---

(١) لغة سوريا القديمة وهى لهجة من لهجات اللغة الآرامية ٠
(المترجم)

أنيقاً ، اذ هناك تغير مستمر • ان بعض مظاهر العلم القديم تتعلق بأذهان الناس أكثر من غيرها حتى تصل الى درجة الابتذال ، كما يزداد اهتمام الناس ببعض الأفكار ويتجاهلون أخرى ، ولذلك فكل جيل يضيف شيئا الى المجموع الأصلى أو يسقط شيئا منه • وبهذه الطريقة نشأت في العصور الوسطى بعض معتقدات كانت عبارة عن نسخ محرفة جدا للمعلومات القديمة الأصلية • فمثلا كان الانسان يعتقد من أزمان متوغلة فى القدم أنه من الممكن التنبوء بالقدر من ملاحظته للنجوم ، وكان يظن أن هذا صحيح على الأخص فيما يتعلق بالعظماء فى الأرض • اذ كان الناس يعتقدون أن السموات نفسها تلفظ نارا اعلانا عن موت الأمراء • وبهذه الطريقة نشأ العلم المعروف بعلم التنجيم . وقد ارتبطت تعاليم التنجيم فى القرون الوسطى ببعض نظريات الفلاسفة الاغريق عن الكون • وبهذه الطريقة اكتسبت تلك التعاليم مهابة خاصة • وقد ظل هذا التنجيم المضطرب فى الحقيقة موضوعا مبجلا بين الموضوعات الدراسية حتى وقت متأخر من القرن السابع عشر •

ولم تكن هناك فى القرون الوسطى أية فكرة عن التخصص كالفكرة التى لدينا الآن • فلم يكن يتخصص العالم فى دراسة حياة النبات ، أو فى فرع من فروع الرياضيات ، أو فى لغة ما • انه كان يدرس العلم ككل • ولذلك فان أولئك الذين كانوا يعتبرون أنفسهم فلاسفة كانوا يطيلون التأمل فى المؤلفات القديمة ، ويضعون كتبا فيما يظنونه العلم كله ، وحاولوا اعطاء أوصاف تامة للكون وللطبيعة البشرية وللحياة الأخرى •

وكانت روح الاستقصاء الجرىء منعدمة انعداما كليا فى تلك الأيام ـ فمثلا كانت المخطوطات التى تصف دقائق بعض النباتات تنسخ ويعاد نسخها ، وتتكرر أخطاؤها مرة تلو المرة • على الرغم من أن مجرد ملاحظة للحظات قليلة كانت كافية لأن تظهر للكاتب أنه كان مخطئا •

وكانت التعاليم التى تتناسب مع تفسير الكتب المقدسة والتى يقوم بها كبار رجال الكنيسة منزهة عن النقد • وكانت قيمة العلم من أجل العلم أقل من قيمته كنعوان على توكيد مكارم الأخلاق •

فعلم الحيوان مثلا فى تلك الأيام المظلمة كان يتمثل فى مجموعة من القصص العلمية والقصص الخرافية فى كتاب الدواب ، الذى صنف فى القرون الأولى من العصر المسيحى • وفى هذا المؤلف الغريب بقصصه عن العنقاء التى ترتفع من النار دون أن يمسها أذى ، والبجعة التى تغذى صغارها بدماء قلبها ، والجواد ذى القرن الواحد أو الأونيقورن كانت تختلط فيه البيانات سواء كانت صحيحة أو محرفة بأمثال توضيحية من الكتب المقدسة • وكان الناس يصدقون هذا كله ، كما كانت هذه القصص الخرافية تنتقل من جيل الى جيل دون أن يرتاب أحد فى صحتها •

لوحة رقم ١

Proverbia — Salo. — ccxxxiiij

صفحة من انجيل قديم مطبوع

طبع الكتاب المقدس باللغة اللاتينية فى نيرنبرج عام ١٤٧٨ بواسطة الناشر المشهور انطونيوس كوبيرجر ، عم البرخت ديرر . وقد كتبت الحروف الأولى فى اصحاحات هذا الكتاب المقدس ملونة باليد

وعلى ذلك فان النظرة العامة فى القرون الوسطى لم تكن تحمل فى طياتها أى تشجيع لدراسة منظمة للطبيعة ، تلك الدراسة التى نطلق عليها كلمة « العلم » • ولذلك فعلى الرغم من أن علماء القرن الثانى عشر والثالث عشر الذين يطلقون عليهم اسم «المدرسيين» كانوا ممتازين فى الجدل ، الا أنهم فى نظرنا أفسدوا كل حججهم لأنهم كانوا يحاولون دائما أن يجعلوا استنتاجاتهم تتلاءم مع ما وصل اليه أرسطو الفيلسوف الأغريقى العظيم من نتائج ، حيث كانت عقيدتهم الثابتة أن كل شىء قاله كان صحيحا • ومع ذلك فقد كان عليهم أن يتراجعوا مرة ثانية اذا لم تتفق الاستنتاجات مع بعض النواميس الكنسية ، ويقيموا الحجة على أن أرسطو كان يقصد أمرا آخر •

ومثل هذه الطريقة ، طريقة النظر الى الوراء لم يكن لها أن تؤدى اطلاقا الى بحث تقدمى عن الحقيقة • وكان العلم يعتبر فى واقع الأمر شيئا من أشياء الماضى ، شيئا يستحق الاكتناز لا شيئا جيا من الواجب أن تهيأ له أسباب النمو • وقد ساد هذا الاتجاه قرونا حينما كان العلم فى يد القلة ، وكانت الكتب المطبوعة غير كافية ، وكانت غالبية الرجال والنساء يقضون كل حياتهم فى نفس المدينة أو القرية • ولكن هذه الأحوال أخذت تتغير فى الأيام الأخيرة من القرون الوسطى ، اذ أخذت تتحطم عزلة القرى المكتفية ذاتيا ، وعزلة السيد فى قلعته ، كما أخذت الثروة تتداولها الأيدى وبدأ الناس يكثرون من الأسفار ، كما بدأ الشباب ذو الادراك البسيط من الذين كانوا حبساء أوطانهم يصقلون أذهانهم باحتكاكهم بأقوام من أماكن بعيدة ، وحدث تبادل للأفكار وبدأ الناس ينظرون الى العالم بعيون جديدة •

٢ ــ الكيمياء القديمة

هناك عمليات كيمائية يرجع تاريخها الى الماضى السحيق • فاستخلاص بعض المعادن من خاماتها وحرق الفخار وطلاؤه بالخزف ، وصناعة الزجاج والميناء واستخراج صبغة جميلة تدعى بالقرمز الصورى (١) من أنواع معينة من المحار . كل هذه الطرق كانت معروفة قبل المسيح بمئات السنين

وكانت مثل هذه العمليات فى حاجة الى صناع مهرة • ولكنه مما يؤسف له أن اكتساب المهارة وادخال التحسينات على الطرق الفنية لا تطابق هوى عند جميع الناس ، فالرغبة فى الثراء وحصول الانسان على شىء من لا شىء موجودة باستمرار بين الجنس البشرى •

---

(١) نسبة الى مدينة صور •

(المترجم)

وكان الناس فى القرون الأولى من تاريخنا نهبا لتلك الرغبات كما نحن اليوم • وقد حدث أن عضد الاعتقاد السائد فى تلك الأيام أن المادة كلها مكونة من أربعة عناصر : التراب والهواء والنار والماء علاوة على عدم وجود معلومات منظمة عن تركيب المواد أهدافا تبدو لنا أهدافا شديدة السخف ، تلك الأهداف التى كانت تتمثل فى تحويل المعادن غير النفيسة مثل الحديد والرصاص الى ذهب ، وفى ايجاد أكسير الحياة وهو سائل سحرى من شأنه شفاء كل ما يصيب الانسان من أمراض • وكان هذا الفن فن تحويل المعادن غير النفيسة الى ذهب يدعى بالكيمياء ، وتندرج كيمياء العصور الوسطى بأجمعها تحت هذا الاسم (١) .

وكان المبدأ القائل بأن العالم مكون من أربعة عناصر والذى كان يعتبر أساس معتقدات الكيمائى راجعا فى الغالب الى أرسطو الذى قال متتبعا خطى ما سبقه من رجال الفكر أن هناك أربع صفات أولية : جاف ، ورطب، وبارد ، وحار • وكان مفروضا أن تكون هذه الصفات العناصر أو الجواهر الأربعة : التراب ، والهواء ، والنار ، والماء باتحادها فى ازدواجات معينة • وعلى ذلك كان الناس يخلعون على الماء صفة البرودة والرطوبة ، وعلى التراب صفة البرودة والجفاف ، وعلى الهواء صفة الحرارة والرطوبة ، وعلى النار صفة الحرارة والجفاف ، وكان المفروض أن يتكون ما على الأرض جميعا من هذه العناصر • وكان الناس يظنون أن السموات وهى ثابتة لا تتغير تتكون من عنصر خامس ألا وهو الجوهر «٢» .

---

(١) تكثر الاشارة فى أدب تلك العصور الى الكيمياء • وهناك بعض اشارات ظريفة من شكسبير كقوله فى قصة الملك جون الثالث :

ان الشمس المجيدة
تقوم وهى فى مجراها بدور الكيمائى
اذ تحول بنورها المنبعث من عينها البهية
الأرض المقيمة الغليظة الى ذهب براق

وكقوله فى قصة يوليوس قيصر فى المنظر الأول من الفصل الثالث :

ان ملامح وجهه التى قد تبدو عيبا فنيا
تتحول بالكيمياء النفيسة الى فضيلة ووسامة •

(٢) ان هذه المعتقدات كثيرا ما تغنى بها الشعر • فمثلا يقول ميلتون فى شعره عن الخليقة :

هذه العناصر الصعبة المراس من تراب وماء ونار وهواء
هرولت الى مستقراتها العديدة بعد ذلك
وهذا الجوهر الأثيرى السماء
ارتفع الى العلا زاخرا بأشكال جميلة •
تبلورت واستدارت وتحولت الى ما نرى من نجوم

وحينما ترجمت المؤلفات الأغريقية الى اللغة العربية اتخذت دراسة الكيمياء طابعا جديا هاما بين علماء الاسلام من القرن السابع حتى القرن العاشر « ١» . وكان هناك بين الكيمائيين كما يجب أن نتوقع ، أفاقون ودجالون • ولكن بعضهم كان يعتقد مخلصا فى تحويل المعادن غير النفيسة الى ذهب وكرسوا حياتهم للبحث عن حجر الفيلسوف «٢» الذى كان يظنون أنه سيحقق هذا الغرض • وأدى بهم هذا البحث الى اجراء تجارب عدة • ونتج عن ذلك أنهم ألموا بتجارب مثل التصعيد ، والتقطير ، واذابة المحاليل ، وعملية التبلر •. كما أن المهارة التى اكتسبوها أدت الى تحضير عديد من المواد مثل البوريك ، وكربونات الصوديوم والبوتاسيوم ، وكبريتات الحديدوز وكبريتات الخارصين ، وفوسفات الصوديوم النوشادرية ، وكذلك عدة أكاسيد وكبريتيدات وسبائك . والحقيقة أن علم الكيمياء وليد دراسات علماء الكيمياء القديمة •

وكان لزاما على علماء الكيمياء القديمة فى محاولاتهم التى بذلوها لتحويل المعادن الى ذهب أن يضعوا خطة يسيرون على هداها ، ولذلك توسعوا فى نظرية العناصر الأربعة حتى تتضمن تفسيرا مقنعا لنشأة المعادن • واعتقادا منهم أن العناصر الأربعة نفسها : التراب ، والهواء ، والنار ، والماء قابلة للتحويل ، ظن بعض هؤلاء الكيمائيون أن المعادن والفلزات تتكون من (١) دخان ترابى هو عبارة عن ماء تحول الى نار ، (٢)من بخار مائى هو عبارة عن ماء تحول الى هواء . وكانوا يظنون أن أول هذين العنصرين نشأ الكبريت منه ، وأن الزئبق نشأ من العنصر الثانى • ولو كان كل من الكبريت والزئبق على درجة تامة من النقاوة ، واتحدا سويا بالنسبة الصحيحية ، لكانت النتيجة كما كانوا يعتقدون هى الذهب ولكن اذا لم يكن كل من الكبريت والزئبق على درجة تامة من النقاوة ، فانه يتكون عن ذلك كما كانوا يظنون معادن أخرى مثل النحاس أو الرصاص أو الحديد • ولذلك كان من أهداف الكيمائيين القدامى تحضير كل من الكبريت والزئبق فى حالتهما النقية • وكان الهدف الثانى تنقية المعادن غير النفيسة بقدر المستطاع • وكانوا يأملون نتيجة لذلك الحصول على الذهب باضافة الكبريت والزئبق بالنسب الصحيحة • وبالتالى فقد أدى هذا بالكيمائيين القدامى الى عمليات تجريبية لانهاية لها ، على الرغم من أن رغبتهم لم تتحقق قط •

---

(١) كثير من الكلمات المستعملة الآن فى الكيمياء هى من أصل عربى مثل قلوى والامبيق (أداة كيمائية قديمة) ، وكحول •

(٢) كان غالبا ما يطلق عليه الاكسير الربانى ، وكان يقترن اسمه أحيانا باسم اكسير الحيـاة •

وكان من السهولة التامة وضع نظرية الزئبق والكبريت موضع الاختبار التجريبى . وقد قام بهذا « جابر (١) » الكيمائى العربى فى القرن العاشر ، ولكنه حينما سخن الكبريت والزئبق سويا لم يحصل على ذهب ، ولكنه حصل فقط على كبريتيد الزئبقيك الذى يدعى زنجفر . وعلى ذلك فان النظرية لم تطابق الحقائق . وكان على جابر حينئذ أن يعدل النظرية أو ينبذها كلية . ولكنه لسوء الحظ تمسك بها ، وتحايل على المأزق الذى وقع فيه بادعائه أن الكبريت والزئبق اللذين تتكون منهما المعادن ليسا هما نفس الكبريت العادى والزئبق العادى اللذين نقابلهما فى الحياة العامة . وقد سببت مثل تلك الآراء بلبلة كبيرة فى دراسة الكيمياء . والحقيقة أن نظرة كثير من الكيمائيين القدامى الى الأمور كانت نظرة نصف سحرية . وقد شعروا بأنهم بغموضهم كانوا يتحفظون على أسرار مهنتهم . وكانوا يخفون جهلهم وراء ستار من التمتمة بالتعاويذ وهم يراقبون أوانيهم وهى تغلى ، وكانوا يشعرون براحة ورضا باستعمالهم كلمات طويلة لا يدركها أحد .

ومن دواعى ارتباكهم أنه لم تكن لديهم فكرة ما عن المادة النقية كما نعرفها اليوم . وكان ما يهتمون به فى المادة انما هو مظهرها لا وزنها ولا حجمها . والحقيقة فى نظر الكيمائيين القدامى أن السائل الذى يشبه الماء انما هو ماء ، أو على الأقل نوع من الماء . وكان المعدن ذو البريق الأصفر نوع من الذهب . وكان الكثيرون يعتقدون مخلصين أنهم قد حصلوا على ذهب اذا استطاعوا تغيير لون النحاس من أحمر الى أصفر أثناء قيامهم غير جادين بتجارب استخدموا فيها احدى المواد الكيماوية التى كانوا يحتفظون بها على أرففهم .

وقد افترض هؤلاء الكيميائيون دون ما سند لافتراضهم هذا أن النار مطهر عظيم وأنها تفتت الأجسام الى عناصرها ، ولذلك كانوا دائما يبدءون بتسخين مخاليطهم الى أقصى درجة ممكنة فى محاولاتهم الحصول على المواد النقية . وترينا جميع الصور التى رسمها هولبين الأصغر ، وبيتر بريغبل الأكبر ، واسترادانوس ، وتبنيير لورش الكيميائيين القدامى الكيميائيين محاطين بمكنفات ـ ٢ ـ ، وهياكل ، وأوانى ، وقدور يلهبون النار بمنافيخ عظيمة أو يرعون مخاليطهم فوق النار (شكل ١) .

---

(١) يقصد بذلك جابر بن حيان

(المترجم) .

(٢) قارورات ذات اعوجاجات خاصة

(المترجم)



(شكل ١)
الكيمائيون القدامى فى عملهم
من لوحة خشبية فى متحف ستلتيفيرا
نافيس (بازل ١٤٩٧)

ويجب ألا ننسى أن الكيمائيين القدامى كانوا مزودين بقدر كبير من المعرفة ، ولكنها معرفة لم تكن منسقة • انهم لم يجروا اختبارات دقيقة على نظرياتهم ، كما لم يتبعوا طرقا خاصة فى أبحاثهم • ولذلك كانت معلومـــاتهم معلومـــات تجريبية محضة (١) • ولم يكن من الممكن اجراء دراسة علمية لخواص المواد حتى يتسع علمهم لدرجة تريهم الموضوعات التى كان من الواجب تكريس أبحاث خاصة لها • وكانت تتطلب مثل هذه الدراسة وزنا دقيقا للأمور وبحثا عن العلاقات العددية • ولكن الاتجاه العام للقرون الوسطى كان يشجع التصنيف أكثر مما كان يشــــجع القياس •

ومع ذلك كان هناك تقدم علمى فى ميادين كثيرة قبل حلول القرن الثالث عشر ، واذا كان الفلك قد أصبح من مدة طويلة موضوعا مقـــررا من مواضـــيع الدراسة بين العلماء العرب ووصلت الترجمات العربية للمؤلفات الرياضية والفلكية الاغريقية أوربا قبل نهاية القرن الثانى عشر • وبدأ الناس يعرفون مبادىء علم الجبر وحساب المثلثات ، وأخذت الأعداد العربية تحل محل الأعداد الرومانية الثقيلة الظل • وقبل حلول القرن

(١) يتضمن فن الطهى كثيرا من المعلومات التجريبية ، وتتزود الطاهية بقدر كبير من المعلومات عن خواص المواد المستعملة فى الطعام أو يمكنها أن تقدر تقديرا صحيحا تأثير الحرارة عليها ولكن معرفتها هذه ليست مما يمكن أن تسمى معرفة علمية •

الثالث عشر أصبح فن استخلاص المعادن العادية من خاماتها أمرا شائعا • ولا بد أنه كان هناك قدر كبير من المعلومات التجريبية عن الميكانيكا حتى صار من المستطاع الوصول الى تلك الدرجة البديعة من الهندسة المعمارية فى تلك المدة • وكان القرن الثالث عشر فى الحقيقة عصر نهضة علمية ، وقد بدأ روجربيكون (١٢١٤ ــ ١٢٩٤) رسول الطريقة التجريبية عمله فى منتصف هذا القرن •

٣ روجربيكون

ان المزاعم التى تصف بيكون كرائد من رواد الكشوف العلمية كثيرا ما بولغ فيها مبالغة كبيرة • ومع ذلك فمما لا ريب فيه أنه أسهم بمساهمات مبتكرة فى المعرفة العلمية وعلى الأخص فى علم البصريات ، فقد وجد مثلاأن قطعا كروية من عدسات حارقة من شأنها أن تجعل الحروف الصغيرة تظهر كأنها كبيرة • وكان من رأيه أن مثل تلك القطع يمكن استخدامها لمساعدة أصحاب النظر القاصر • وقد ظهر استعمال النظارات بعد موته مباشرة ولا دليل لدينا على أنه صنع تلسكوبا أو مجهرا ، ولكنه فى فى الحقيقة تنبأ تنبؤا غير صريح بتلك الآلات • اذ أنه تحدث عن امكان استعمال عدسة لكى تظهر الشمس والقمر والنجوم كأنها متدلية الى أسفل •

ان أهمية بيكون بالنسبة لنا تنحصر فى استقلال نظرته الى الأشياء وفى تعليقه أهمية كبيرة على قيمة التجريب المباشر ، وفوق كل ذلك فى ادراكه لعدم جدوى طرق (العلماء المدرسيين) لاكتشاف الحقيقة . وكان بيكون جريئا بدرجة انه فى عصر أضاع فيه العلماء الذين بلغوا اعلى قمة من الشهرة وقتهم فى مجادلات لا نهاية لها حول معنى تعبيرات مثل المادة والصورة استنكر كثيرا من هذه المجادلات التى لا طائل تحتها . ولكن نصائحه وتعليماته لم تجد أذنا صاغية ، وذلك لأن الذين حطموا التقاليد فى القرن التالى وبحثوا عن الحقيقة سالكين سبيل التجربة الدقيقة الوعرة لم يكونوا هم الفلاسفة والعلماء المعترف بهم ، ولكن كانوا هم الفنانين والعاملين المغمورين .

٤ ــ اول كتب مطبوعة

ان ظهور الكتب المطبوعة فى أوربا حوالى منتصف القرن الخامس عشر هو أحد العوامل الرئيسية التى تفرق بين العصور الوسطى والعصور الحديثة . وكانت الكتب لا يقتنيها الا القليل من الناس عندما كانت تطبع على ورق مصنوع من مادة غالية مثل الرق ، ولذلك كان

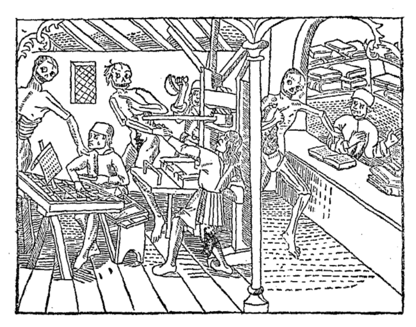
الحصول على كميات كبيرة من الورق أول الضروريات اللازمة لانتاج الكتب على مدى واسع .

وكان المصريون فى العصور القديمة يكتبون على سيقان ورق البردى المجففة بعناية والتىكانت تنمو على ضفاف النيل . وكان سكان بيرجاموم فى آسيا الصغرى أول من أرى الناس طريقة اعداد جلود الحيوانات التى كان من الممكن الكتابة عليها . وأصبحت الجلود المعدة بهذه الطريقة تعرف بالبرشمان او الرق ، وظلت حتى القرن الرابع عشر هى المادة الرئيسية المستعملة فى اوربا للكتابة عليها . وكانت الطباعة وطيدة الأركان فى الصين قبل حلول القرن الحادى عشر . ولم يمض زمن طويل بعد ذلك حتى صنع العرب فى أسبانيا الورق بتقطيع ألياف الكتان وخلطها بالماء وعجنها حتى تصير لبابا ، وفردها الى أفرخ ثم تركهـ لتجف . وانتقلت الصناعة من أسبانيا الى ايطاليا وشاعت فى القرنين الرابع عشر والخامس عشر بدرجة أن استعمل الورق بدلا من الرق فى المخطوطات .

وبمجرد أن اصبح الورق ميسورا بدا ان الطباعة أصبحت أمرا لاشك فيه تبعا لذلك . حقيقة كان مبدأ صناعة تصميمات بارزة على قطع مسطحة من الخشب أو المعدن ممارسا من عصور متناهية فى القدم ، وكانت تستعمل تلك القطع الخشبية فى العصور الوسطى أختاما توقع بها حروف الأسماء الأولى ، ولطباعة صور على القماش ، وطباعة كتب مصورة بأكملها . ولذلك كان الانتقال من حفر صور مجسمة الى صفحات كتابية أمرا بسيطا . وكانت أولى الكتب المطبوعة الكتب الروشمية ، كما كانت تدعى عبارة عن صفحات مطبوعة بواسطة قطع خشبية محفورة حفرا تاما ، مثلها بالضبط مثل الكتب المصورة المطبوعة برواشم الخشب . وكانت عملية حفر روشم خشبى جديد لكل صفحة من صفحات الكتاب عملية شاقة عسيرة . وكان مما يوفر الوقت توفيرا كبيرا جدا أن تكون هناك كمية من الرواشم لكل حرف من الحروف الهجائية ، وتضم هذه بعضها الى بعض لتكوين الكلمات المطلوبة . ويطلق على هذه العملية عملية الطباعة بواسطة الحروف المتحركة (شكل ٢) . وليس هناك تاريخ معين يحدد لنا متى اخترعت حروف الطباعة المتحركة فى أوربا ، ولكن أكبر من يدعى شرف هذا الاختراع هو « جوتنبرج » الذى نشر انجيلا مطبوعا بواسطة حروف الطباعة المتحركة حوالى سنة ١٤٥٤ .

وقد روعى فى أول كتب مطبوعة أن تكون شبيهة بقدر الامكان بالكتب المنسوخة باليد ، وبالفعل كانت ترسم فى أول الأمر الحروف

الأولى فى بدء كل فصل باليد . وحاول رجال الطباعة الأول الاحتفاظ بسر الطرق التى كانوا يتبعونها ولـكن ذلك لم يكن فى حيز الامكان ، اذ سرعان ما ظهر هناك رجال طباعة فى منـاطق أخرى فى ألمـانيـا ، وهولاندا ، وايطاليا . وفي سنة ١٤٧٦ أنشأ كاستون مطبعته الشهيرة



(شكل ٢)

آلة طباعة برجل يصف الحروف وآخر يديرها ، بريشة دانس ماكابر ، ليون ١٤٩٩

في وستمنستر . وكان معنى ظهور الـكتب المطبوعـة ان أوربا بدأت حياتها من جديد . ومن ذلك الوقت فصاعدا لم يعد العلم فى يد القلة ولـكن قدر له أن يصبح تراثا عاما للجماهير .

٥ ــ الدنيا الجديدة

ان بعضا من مظاهر حياتنا اليوم يمكن ارجاعهـا الى الوقت الذى أوجد فيه كولومبس والبحارة العظام المخاطرون الأخر اتصـال أوربا بالعالم الجديد والشرق الأقصى لأول مرة . وترجع نشأة بعض المميزات الأخرى الى التجارة البرية التى كانت موجودة بين انجلتـرا والمـدن المستقلة مثل جنوة ، والبندقية ، وآنتورب ، ونورنبيرج فى أواخر القرون الوسطى . وقد قابل تجارنا أثناء رحلاتهم أناسا من أمم أخرى ، وعادوا لا بحرائر فاخرة وذهب وتوابل فحسب ، بل بتعبيرات جـديدة طعمت لغتنا بها ، وببذور أفكار جديدة تأصلت فى التربة الانجليزية . ان نهضة البشرية ، كما يصح لنا أن نقول ، انما هى تحقيق للنبوءة التى تقول :

« كثيرون سيسلكون فجاج الأرض ذهـــابا وايابا ويتسع نطـــاق المعرفة » .

وقبل حلول القرن الثالث عشر كان هناك طـريق مفتوح بين أوربا وآسيا . وقد عاش فى تلك الأيام سيد من البندقية يدعى ماركو بولو ، كان رحالة كبيرا وخطيبا مفوها ، امتدت رحلاته الى الصـــين . وكان طريقه الذى يسلـكه يمر عبر فلسطين والصحارى الفارسية وشـمال الهند والتبت . ومذكراته مملوءة بأوصاف فياضة لغابات غريبة ومدن جميلة وثروة لا حد لها . وقد تركت قصص رحـــلاته التى استغرقت أكثر من ثلاثة أعوام أثرا فى الأدب الرومانتيكى للجيل التالى وساعدت على اثارة حب المخاطرة ، الـكامن فى النفس البشرية باستمرار ، ممـا نتج عنه فى النهاية اكتشاف العالم الجديد .

وكانت تتم الرحلات قديما على ظهور الجياد أو الابل عبر طرق قد يجد الانسان فيها غريبا على علاقة ودية معه يهديه الطريق . ولـكن اى دليل كان لدى الرحالة المخاطرين الذين كانوا يركبون البحار ؟ كانوا أول الأمر يهتدون بالنجوم ، ولكنه يبدو أن استعمال أحجار المغناطيس لاظهار الاتجاه فى البحر كان معروفا من تاريخ يرجع الى القرن الحادى عشر . وكان الضرر البين للاعتماد على النجوم أن الأرصاد كان لا يمكن القيام بها الا فى الليالى الصافية كما كان لايمكن القيام بها نهارا قط . وفى القرن الثالث عشر بين روجر بيكون أول رجل علم انجليزى كيف أن مغناطيسا معلقا يتخذ اتجاها شماليا جنوبيا تقريبا . ومن ذلك أصبح المغناطيس المعلق ، أو البوصلة أداة لايمكن الاستغناء عنها فى الملاحة ، ويركب هذا المغناطيس تركيبا مناسبا على بطاقة تبين الجهات المختلفة .

وحيث أن فلاسفة الاغريق كانوا قد بينوا أن الأرض مســتديرة ، فلما أصبحت مؤلفاتهم معروفة فى القرون الأخيرة من العصـــور الوسطى بدأ الناس يفكرون على أساس أن الأرض كروية ، ولـكن لم تكن لديهم أية فكرة عن مساحة اليابس ومساحة المـاء على سطح البسيطة ، وأدت بهم رحلات ماركو بولو الطويلة الى أن يفكروا أن آسيا تشغل حيزا من الأرض أكبر بكثير مما تشغله فعلا . ودار بخلد بعض الناس ان سياحة بسيطة لا تستغرق الا أياما قليلة غربا فيما وراء أعمدة هـرقل (١) قد تؤدى بهم الى شواطىء آسيا ، ومن هناك الى ثروة جزائر الهند .

---

(١) جبل طارق .

(المترجم)

ولكن شخصا فكر فى القيام برحلته تفكيرا جديا قبل الاقدام عليها . لقد أعد نفسه للقيام برحلة بحرية طويلة ، ثم أبحر غربا الى أبعد ما أمكنه دون أن يبحث عن مكان يتوقف فيه أثناء الطريق . كان هذا الشخص هو كريستوف كولومبس الذى نسب اليه مجد أول اكتشاف للدنيا الجديدة .

وفى ابريل ١٤٩٢ وقع العقد المشهور الذى أعطى كولومبس بمقتضاه حق امتلاك الأراضى باسم اسبانيا . وفى السادس من سبتمبر غادرت سفنه جزائر كنارى . وفى اليوم الثانى عشر من اكتوبر رسا على شواطىء جزائر الهند الغربية رافعا راية اسبانيا عليها . وكانت هذه أول رحلات كولومبس . وقبل عودته الى أوربا أكتشف جزائر أخرى من جزائر الأرخبيل . ومن احدى هذه الجزائر أرسل الى فيردناند وايزابلا مخبرا اياهما أنه علم من مؤلفات روجر بيكون بما قاله الاغريق من أن الأرض مستديرة . وعلى هذا فعلم الاغريق الذى تداوله الناس خلال القرون الوسطى هو الذى أدى الى اكتشاف الدنيا الجديدة .

وكانت الضجة التى أثارتها أنباء اكتشاف أرض مجهولة حافزا لأناس آخرين للبحث عن اكتشافات جديدة . فمثلا فى سنة ١٥١٩ أبحر ملاح برتغالى يدعى ماجلان من اسبانيا فى اتجاه جنوبى غربى مارا بالمضيق الخطر الذى يحمل الآن اسمه ، ودلف من هناك الى المحيط الهادى واستمر يسير غربا لمدة تزيد على ثلاثة شهور ماخرا عباب المحيط الهادى الشاسع الخالى متحملا هو ورجاله مصاعب لا حد لها من الجوع والمرض . وهناك قتل ماجلان بواسطة الوطنيين . وفى النهاية وبعد مضى ثلاث سنوات من بدء الرحلة وصلت الى اسبانيا احدى السفن الخمس التى أبحرت أصلا من هناك ، وأقل من نصف البحارة بعد أن أتموا اول رحلة بحرية كاملة حول الأرض .

٦ ـ حركة احياء العلوم

ما الآثار المباشرة لاكتشاف قارة جديدة شاسعة ورحلة بحرية ناجحة حول العالم ؟ أدرك الناس أولا خطأ الجغرافية التى كانوا يتعلمونها طيلة حياتهم . لقد كانوا أغرارا لدرجة بعيدة المدى جدا . وادركوا أن الوقت قد حان للبدء فى أن يفكروا بأنفسهم . كما راوا أيضا الفرصة مواتية أمامهم للحصول على مواد خام من وراء البحار . وعلى ذلك فقد فتحت أمامهم طرق تجارية جديدة الى الهند عبر الأطلنطى وحول ساحل أفريقيا ، وقلت أهمية الطرق البرية للشرق ، أما موانى اسبانيا وفرنسا وانجلترا والأراضى المنخفضة فقد ازدادت أهميتها .

كما ان تكوين المستعمرات وأراضي الاستيطان في البلاد الجديدة هيأ فرصة للكثيرين للاستزادة من ثرائهم ومن معرفتهم كذلك . وحمل الملاحون معهم السكر والفواكه الى اوطانهم ، كما عاد التجار حاملين النباتات الطبية التي عثروا عليها . وبتلك الطريقة جلبوا الى أوربا عرق الذهب الذائع الصيت ولحاء الكينا « الذى تصنع الكينا منه » . واستعمل الطباق علاوة على استعمال مدخني البيب له عقارا مخدرا قبل أن يعرف الأثير والكلوروفورم بمدة طويلة .

ولكن لم يكن الكشف الجغرافي فقط هو الذى فتح آفاقا جديدة للبشر ، اذ كانت هناك أعمال أخرى تتسم بروح المخاطرة والجرأة تبشر بغنائم وفيرة ، فقد بدأ الانسان يرتاد بحار المعرفة التي لم ترتد بعد . لقد كانت اللاتينية هي لغة المتعلمين في أوربا خلال العصور الوسطى بأكملها ، أما الاغريقية القديمة وأدبها فكانتا غير معروفتين تقريبا في الغرب . ومع ذلك فقد أحس الناس باحياء العلوم الاغريقية في السنين الأخيرة من القرن الرابع عشر ، وأوائل القرن الخامس عشر . وهذا الاحياء هو الذى يطلق عليه : بعث العلوم القديمة أو النهضة . وقد جعل الأدب الاغريقي القديم الناس ينظرون الى الحياة نظرة جديدة ، نظرة أكثر حرية وبهجة عن ذى قبل. ولقيت حركة احياء العلوم الاغريقية حافزا قويا بعد سقوط القسطنطينية في يد الأتراك عام ١٤٥٣ ، اذ جلب المهاجرون الذين تقاطروا زرافات كثيرا من المخطوطات الاغريقية ومن مأثورات العلم الاغريقي .

ونتج عن نشأة الأفكار الجديدة استقلال جديد في الرأى ، واندلع لهيب الشكوك الكامنة التي ظلت تساور الناس أمدا طويلا ، وجاهر الناس علنا بعدم ايمانهم بها ، كما أعان انتشار الكتب حرية الرأى وبدأت طباعة أعداد كبيرة من الكتاب المقدس . وحينما استطاع الناس قراءة كلمة الله بأنفسهم ، اشتدت تيارات النقد الخفية للسلطة التي دامت قرونا . وأخذ الناس في جميع انحاء أوربا يدرسون صفحات الكتاب المقدس المطبوعة ، ويكونون آراء خاصة بهم في أمور عقائدية كانوا لا يسمعون عنها حتى ذلك الوقت الا من شفاه الوعاظ فحسب . وعلاوة على انتقال الأنباء بسرعة أكثر عن طريق الكلمة المطبوعة ، فقد خلت من التحريفات التي كانت تحدث بانتقالها عن طريق الرواية الشفوية . فمثلا وقف أهالي المانيا على الجدل الذى احتدم بين البابا ومارتن لوثر بسرعة ، وذلك لأن نسخا مطبوعة من النشرات وزعت في جميع انحاء البلاد ، واستطاع الكثيرون بذلك الوقوف على مضمون النزاع .

وكان من الظاهر وقت النهضة أن الحوادث الهامة تتزاحم بعضـــها فوق بعض . ولم تعن اعادة دراسة اللغة الاغريقية القيام بترجمات أكثر دقة فحسب ، بل ان انشاء المطابع كان معناه امكان نشر نسخ من تلك الترجمات الدقيقة فى جميع أنحاء أوربا . ان بذور العلم يجب أن تنشر فى كل مكان لتهيأ لها الفرصة لأن تغرس فى أرض طيبة . ولقد غرست هذه البذور عن طريق الـكتب المطبوعـة وآتت فى الحقيقة محصـولا وفـــيرا .

الفصــل الثــانى

نشأة العلم الحديث

١ ـ ليوناردو دا فنشى

أن النظرة الجديدة الى الحياة وتقدير ميزة الجمال اللذين اتسمت بهما النهضة أحدثتا احياء للفن ، وبدأ الفنانون العظام فى ذلك العصر : ديورر ، وميكل أنجلو ، وروفائيل يدرسون الجسم الانسانى دراسة أكثر دقة . لقد نظروا بعيون جديدة الى قسمات وأحجام صناعة التماثيل القديمة ، وبدأوا يبتدعون لأنفسهم . ولكنهم وجدوا أنهم يحتاجون لكى يصوروا الجسم البشرى بكل تعقيداته الى أن يعرفوا مواضع العضلات المعقدة وهيئة التركيب العظمى الذى تكسوه . وبمعنى آخر كانوا فى حاجة الى معرفة بعض من علم التشريح . ولذلك بدأ الفنانون يمارسون عملية التشريح ، وشغف بعضهم شغفا كبيرا بدراستهم لدرجة أن أدت بهم هذه الدراسة الى ما وراء المستلزمات المباشرة لفنهم . وقد تزعم هؤلاء الفنانين ليوناردو دا فنشى (١٤٥٢ ـ ١٥١٩) الذى تعتبر قوة ذكائه الخارقة اليوم مدعاة دهشة دائمة .

وكان ليوناردو يتمتع لدرجة غير عادية بحب استطلاع لا حد لها ، وهذه أول صفة ضرورية لرجل العلم . وقد أدى به هذا الى أن يتناول أمورا مختلفة المدى من مسائل تتعلق بتشريح الانسان وعلم وظائف الأعضاء الى مسائل تتعلق بالهندسة العملية . وكان يتسم فى هذه الدراسات كلها بجرأة تؤدى به الى القيام بتجارب خاصة به . وحينما كانت نتائجه لا تتفق مع بيانات الكتاب القدامى كان يعيد التجارب ويتحقق من نتائجه ، وبعد ذلك يلتزم بالاجابة التى أعطتها له الطبيعة ، ولم يحاول ليوناردو القيام بتفسيرات تامة للعالم كما فعل كتاب القرون الوسطى . ان اتجاهه كان اتجاها علميا ، اذ أنه اعتمد على الملاحظة ، وعلى ادراكه أن المعرفة انما تمتد فحسب الى الآماد التى تؤدى بنا اليها الملاحظة .

وكان نشاط ليوناردو المتعددة النواحى مثار دهشة . وأدى به شغفه بتحركات الناس والحيوانات الى القيام بدراسة للعضلات والعظام ، وتسجيل ملاحظاته بواسطة رسوم دقيقة كما أدى به شغفه بمشكلة الطيران الى شراء طيور محفوظة فى أقفاص ثم اطلاق سراحها لمشاهدة الحركات الأولى لأجنحتها . وأخذ يفكر فى امكان صناعة أجنحة صناعية للانسان . ولقد بلغ فى الحقيقة تمكنه من المبادىء الميكانيكية مبلغا جعله يحاول اختراع طائرة • وأدت به أوجه نشاطه كرسام الى دراسة خواص الأصباغ واستقصاء قواعد المنظور ، وادرك أن المناظر المألوفة للمنظور انما ترجع الى الصورة التى تتلقاها العين . وكان هذا حافزا له على دراسة مسار الضوء الداخل للعين وتركيب العين ذاتها.

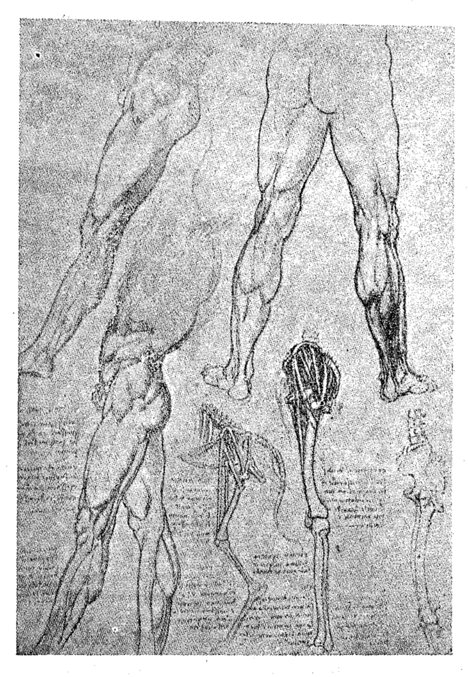
واستعمل ليوناردو أيضا مواهبه العظيمة فى ميدان المسائل العملية ، اذ شغل منصب مهندس حربى فى حكومة ميلان ، وكان يستشار فىمسائل كتوفير الماء للزراعة ، والطرق المثلى للاستيلاء على مدينة محصنة . كما كان يصمم المبانى ويكتب قصصا مسلية قصيرة للمسرح ، وله تحف رائعة فى النقش والتصوير ومع ذلك استطاع ان يعزل نفسه عن العالم مستغرقا استغراقا تاما فى المسائل العلمية التى كان فيها رائدا لا منازع له . ان نتائج تجارب ليوناردو العلمية لم تنشر فى كتب ، ولكنه أودعها مذكراته ، وأوضحها برسوم توضيحية بريشته المبدعة (لوحة رقم ٢) .

وعلى الرغم من أن مؤلفاته ظلت كتبا مخطوطة ، فان ذلك لم يقف حائلا دون أن يكون له أثر على معاصريه وكانت الثقافة الايطالية أثناء حياته على درجة كبيرة من السمو • كان الأمراء هم حماة الفنون والعلوم ،وكانت الحياة فى المدن الايطالية تساعد على انتشار الآراء الجديدة وشغلت أفكارهذا الرجل الغريب ليوناردو التى كانت تختلف اختلافا بينا عن أفكار زملائه بالعقول اخرى بدرجة كبيرة . وتعتبر أعمال ليوناردو فى الحقيقة المثل الأعلى لأبحاث الروح البشرية التى تتسم بالجرأة والمخاطرة التى تميز بها هذا العصر ، والتى كانت بشيرا بنهضة العلم الكبرى التالية ، ولكنها لم تكن هى المثل الوحيد .

٢ ـ نشأة علم التشريح الحديث

ظل الناس مئات عديدة من السنين يتساءلون عما كتبه المؤلفون القدامى حينما كانوا يرغبون فى معرفة وظائف أعضاء الجسم ، وبدلا من تشريح حيوان للوقوف على كيفية تنظيم أعضائه كانوا يفضلون أن يتقبلوا معلومات طبيب من الامبراطورية الرومانية لمع اسمه فى القرن الثانى يدعى جالين . وقد ظلت مؤلفات جالين المرجع المعتمد فى الطب

لوحة رقم ٦



رسم الأطراف من مذكرات ليوناردو

يوضح شكلان من الاشكال السفلى مقارنته بين عظام رجل انسانية وعظام رجل جواد

والتشريح أكثر من الف سنة ، وهى تحتوى على تسجيلات معينة لبعض ملاحظات هامة ، ولـكنها تحوى ايضا كثيرا من الأفكار الخيالية بدرجة كبيرة والتى تنبو عن أسـماعنا اليوم • لقد ذكر مثلا أن وظيفة الكبد هى تحويل المـادة الغذائية فى الأمعاء الى دم وتحويل هذا الدم طبقـا لمبدأ غامض سماه الروح الطبيعية . لقد افترض ان الدم ينتقل بعد ذلك الى القلب حيث يستقبل الهواء القادم من الرئتين ويتشبع بروح ثانية ، الروح الحيوية . وكان يعتقد ايضا ان الدم ينتقل الى المخ لـكى يتلقى هناك أعلى الأرواح جميعا ، ألا وهى الروح الحيوانية ، أو نسمة الروح • وافترض جالين وجود انحسـار وانسيـاب للدم ، ولكن لم تكن لديه فكرة عما نعرفه اليوم بالدورة الدموية . وكان من رأيه أن الدم ينتقل من الجانب الأيمن للقلب الى الجانب الأيسر له خـلال مسـام الحـاجز الفاصل بينهما . ولم ير انسان قط هذه المسام فى الحاجز القائم فى قلب أى حيوان . ونتيجة لذلك كان من رأى جالين وأتبـاعه أن تلك المسام صغيرة جدا بدرجة لا تسمح برؤيتها ، وهو قول لم ينقض حتى اخترع المجهر .

وقد لقيت تعاليم جالين تبجيـلا كبيرا بدرجة أنه حينما بدأت الجامعات فى تدريس بعض المعلومات الطبيـة للطلبـة ، كان أسـاتذة التشريح يجلسون فى مقاعد تشبه المنابر ويقرأون للطلبة من مؤلفـات جالين بصوت عال . وكان الخدم أثناء ذلك يقومون بالتشريحات ، ولم يكن هذا تعليما تجريبيا بأى معنى من المعانى ، وذلك لأن التشـريحات كانت تمارس لا بفكرة اكتشاف أى شىء ، ولـكن لمساعدة التلاميذ فقط على تذكر ما قاله جالين . وكان ليـوناردو هو أول من ناقش تعـاليم جالين ، اذ بين أن الهواء لا ينتقل من الرئتين مباشرة الى القلب ، وذلك على نقيض ما ذكره جالين . وفحص ليوناردو القلب ذاته ، وقام بعدة تشريحات واكتشف عمل الصمامات التىتقع عند جذور الشرايين الكبيرة وهى خارجة من القلب (لوحة رقم ٣) وبرهن على أن هـذه الشرايين تسمح للدم بأن يمر فى اتجاه واحد فقط . ولذلك فقد اقترب جدا من ادراك الدورة الدموية على الرغم من أن ذلك لم يوضح تمام التوضيح الا بعد ذلك بأكثر من مائة عام .

وأراد ليوناردو أن يؤلف كتابا دراسيا عن التشريح ، ولـكن هذه المهمة كانت من نصيب باحث آخر اندرياس فيساليس من بروكسل . (١٥١٤-١٥٦٤) . تعلم فيساليس أولا فى جامعة لوفين ، وبعد ذلك فى باريس ولم يكن طالبا مكبا على دروسه • وقد أظهر تبرمه صراحةمن التعليم الذى كان يتلقنه ، ورغب فى أن يقوم بتجارب بنفسه بدلا من أن يصغى

الى الـكلمات المقتبسة من جالين . ووصل الى علمه أن مثل هـذه الفرص مهيأة فى بادوا ، ولذلك عزم على أن يدرس هناك .

وجد فيساليس ميدانا واسعا للعمل التجريبى فى بادوا التى كانت وقتئذ مركزا عالميا كبيرا للعلم ، وفى أثناء دراسته وجد خطأ كثير من نظـريات كل من أرسـطو وجالين ، فبدأ يرتاب فى كل شيء ذكراه ، ولذلك وضع كل أقوالهما موضع الاختبار من جديد بواسـطة تجارب دقيقة ، واكتشف فى نفس الوقت حقائق جديدة لنفسه .

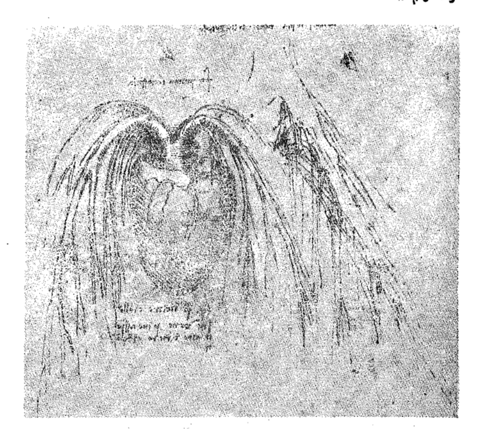
وبعد عمل استمر اربعة اعوام أكمل فيساليس كتابه العظيم المسمى « تركيب الجسم البشرى » الـذى نشر فى بازل عام ١٥٤٣ . وقـد احتوى هذا السفر على اكتشافات مسجلة بدقة عن تركيب الجسـم وكيفية قيامه بعمله ، واشتمل على وسائل ايضاحية بديعة ، كما بذلت عناية كبيرة فى اعداده (لوحة رقم ٤) ولاقى الـكتاب نجاحا كبيرا . وبعد ذلك باثنتى عشر سنة إقتضى الأمر طبعة ثانية . وفى هذه الطبعة كان فيساليس أكثر جراة مما كان فى الطبعة الأولى ، اذ أعلن بصراحة عدم موافقته على كثير من آراء جالين ، على الأخص ذلك الرأى القائل بأن هناك مساما فى الحاجز الفاصل فى القلب ، وقد بينت تعـاليم فيساليس أن الآراء يجب أن تكون مؤسسة على أدلة أصيـلة لا على مراجع من مراجع المـاضى . وقد جعل عمله الناس ينظرون الى دراسة الجسم البشرى نظرة جديدة كل الجدة ، تعد فى الحقيقة بدء نشـأة علم التشريح الحديث .

وكان عمر فيساليس وقت نشر كتابه العظيم تسعة وعشرين سنة فقط ، ولـكنه أغرى لترك عمله فى بادوا ليصير طبيب قصر الملك شارل الخامس . وبعد ذلك انتهى عمله كرجل علم . ولكن عمله سرعان ما آتى ثماره . وحينما وقف أطباء وجراحو أوربا على نتـائج أعمـاله أدخلوا تحسينات فى طرق علاجهم . ومن سـوء الحظ أن الحاجة كانت ملحة فقط لعمل الجراح أثناء حروب القرنين السادس عشر والسابع عشر تلك الحروب التى استغرقت أمدا طويلا . ولـكن المعلومات الجديدة خففت على الأقل من آلام الجرحى نوعا ما .

٣ ــ بوادر علم فلك جديد

ونشر كذلك فى السنة التى ظهر فيها كتاب فيساليس عن الجسم البشرى كتاب عن بناء الكون بواسطة موظف بولندى يدعى كوبرنيكس (١٤٧٣ ــ ١٤٥٣) عنوانه : دورات الأجرام السماوية ، طبـع فى

لوحة رقم ٣



رسم قلب مشرح لليوناردو

لوحة رقم ٤



صفحة عنوان كتاب
فيساليس العظيم الذى نشر عام ١٥٤٣

نيرنبيرج عام ١٥٤٣ . وقد قطع هذا الكتاب وكتاب فيساليس كل صلة بالماضي وفتحا آفاقا جديدة من آفاق البحث والاستقصاء . ويمكن أن يقال ان عام نشرهما يعد بدأ لنشأة العلم الحديث .

وكانت غالبية العلماء الذين كانوا يعيشون فى عام ١٥٤٣ متحاملين بالفعل ضد كل من هذين الكتابين حتى قبل الاطلاع عليهما . وسرعان ما سرت اشاعات أن كتاب فيساليس يلقى شكوكا على تعاليم جالين . أما فيما يختص بمؤلف كوبرنيكس فانه اشتمل على الفكرة المنافية للعقل وهى ان الأرض تدور حول الشمس . وقد بلغ من تعصب علماء ذلك العصر ومحافظتهم أن كوبرنيكس الذى كان يتولى مركزا مسئولا بصفته راعيا على جماعة من الأساقفة فى كتدرائيته خشى من نشر كتابه كاملا . انه لم يتلق نسخة كاملة منه الا فى فراش موته وقد بلغ من الكبر عتيا .

ومع ذلك فيمكننا أن ندرك اتجاه العلماء فى تلك الأيام ، وذلك لأنه حينما بدأ الناس يقرأون هذين السفرين ويناقشونهما شعروا بأن معتقداتهم قد قوضت من أسسها ، وأنه كان هناك خطر من تداعى البناء كله . ونتيجة لذلك هب الناس ثائرين وتحدثوا عن فيساليس كمدع مغرور سمم جو أوربا . أما فيما يختص بكوبرنيكس فقد ضمه القبر من قبل ، وكلما قل الحديث عنه كلما كان ذلك من الأفضل . ولذلك تجوهلت نظريات كوبرنيكس أول الأمر ، ولم تذع بين الطبقات المتعلمة فى العالم الا بعد مضى سنين . ولكن المتاعب بدأت حينئذ ، ولكى ندرك هذا يجب علينا أولا أن ننظر الى الوراء عبر القرون الماضية .

فكر لحظة فى أرضنا هذه ، انها كانت تبدو لأولئك الذين كانوا يفلحون الحقول من شروق الشمس الى مغربها أنها مسطحة وأن الشمس تجرى فوق رؤوسنا يوميا من الشرق الى الغرب . وكذلك قبة السماء المرصعة بالنجوم كانت تبدو لمراقبى السموات أنها تدور حولهم كل ليلة. وكان العلماء يعتقدون حقا انها تفعل ذلك ، وتخيلوا أن الأرض تقع وسط فضاء كروى هائل ، وظنوا أن الكرة التى يتكون منها الحد الخارجى كانت تدور حول الأرض مرة كل أربع وعشرين ساعة . وقد ذكر أحد عظماء المفكرين القدامى فيثاغورس (الذى عاش من حوالى ٥٧٢ ــ ٤٩٧ ق . م .) ، الذى كان يرى أن الكرة هى اكثر الأشكال كمالا ، أن الأرض والشمس والقمر يجب أن تكون كروية الشكل . وهذه الفكرة ، فكرة بساطة تركيب السموات ووصولها الى درجة الكمال ، لقيت أيضا تعضيدا أكبر من أرسطو (٣٨٤ ــ ٣٢٢ ق.م) ، اذ كان يرى أن القوس التام أنما هو دائرة ، ومن ثم فان الكواكب تتحرك فى دوائر ، وكان

من رأيه أن الشمس والنجوم والكواكب بلغت درجة الكمال وانها لا تتغير وانها تدور بانتظام دائما حول الأرض الثابتة .

وفى القرن الثانى من العصر المسيحى ـ رتبت المعلومات والنظريات الموجودة عن الكون بواسطة بطليموس أحد أهالى الاسكندرية الذى ذاع صيته بين عام ١٢٦ وعام ١٦١ م (١) . لقد كان من رأيه أن الأرض ثابتة كروية الشكل تقف معلقة فى الفضاء وسط الكون ، وتتحرك الشمس والقمر والنجوم حولها فى أفلاك دائرية . وكان اعتبار أرضنا مركزا للأشياء جميعها مما يرضى الغرور البشرى . وزيادة على ذلك فان فكرة أرض ثابتة تتلائم مع ادراك غير ناضج ، وكان فى طوق العلماء دائما أن يلتجئوا الى مرجعهم أرسطو . ونتيجة لذلك فقد حدث ان جميع من أعطى الموضوع بعضا من التفكير كانوا على استعداد أن يقسموا بشرفهم مجازفين أن الشمس والقمر والنجوم تدور حول الأرض .

وقد اعتمدت الكنيسة فى القرون الأخيرة من العصور الوسطى النظام البطليموسى ، وعلى ذلك أصبح جزءا من العقيدة الدينية ، واعتبر كل مرتاب فى هذه النظرية زنديقا . وزيادة على ذلك فان فكرة دوران الأرض حول الشمس واتخاذها مركزا لدورانها كانت فكرة تثير بلبلة كبيرة ، ذلك لأنها لم تعد تجعل الجنس البشرى يحتل مركز وسط الخليقة ، بل مجرد سكان لأحد الكواكب الصغيرة . ونتيجة لذلك فحينما بدأ الناس يسمعون عن نظرية كوبرنيكس الجديدة لم يشعروا بأن ديانتهم قد هوجمت فحسب ، بل أحسوا أيضا بصدمة عنيفة فى تقديرهم لذاتهم . ولذلك بذلت السلطات أقصى ما لديها لاخماد الأفكار الجديدة .

كيف عن لكوبرنيكس أن يجد نظرية أقلقت بال الجنس البشرى ؟ انه ادرك أولا أن تغير الليل والنهار من المستطاع تفسيره تفسيرا مستساغا بافتراض أن الأرض تدور حول محورها ، كافتراضنا سواء بسواء أن الأرض ثابتة وأن الشمس تدور حولها . وكان من رأيه ثانيا : ان معنى نظرية الأرض الثابتة والسماء العظيمة الدائرة ، طبقا للنظرية القديمة أن المحيط الهائل للسماء يجب أن يدور بسرعة لايمكن ان يصدقها العقل

---

(١) لاحظ رجال الارصاد ومنهم بطليموس نفسه قبل هذا ان الكواكب لا تتحرك بانتظام عبر السماء ولكنها تبدو أحيانا أنها تعاود السير فى مداراتها . وقد نجح بطليموس فى تعليل هذه التحركات بافتراضه أن الكواكب تتحرك فى دوائر لا حول مركز ثابت ، ولكن حول مركز يتحرك هو نفسه فى دائرة . وقد أبقى بطليموس الحركات الدائرة جزءا جوهريا من خطته . وبواسطة طريقته التى تدل على الذكاء علل تحركات الكواكب تعليلا مرضيا .

لكى تدور السماء مرة حول الأرض كل أربع وعشرين ساعة ، ورأى أن معنى هذه السرعة الهائلة أن الدائرة القصوى للكون تكون عرضة لخطر التمزق .

ولم يكن كوبرنيكس ممن يجرون التجارب ولم يتيسر الدليل العملى لتعضيد نظريته فى عصره . ومع ذلك فقد استعاض عما كان ينقصه من التجربة بقوة استدلال خارقة . وكان يجب عليه مثله مثل أىعالم رياضيات آخر أن تكون لديه طريقة دقيقة لعرض الحقائق . وكان يرى أن نظريته أوجدت طريقة بسيطة خالية من التعقيدات الهندسية للنظرية القديمة (شكل ٣) .



(شكل ٣)
نظام الكون طبقا لكوبرنيكس من كتاب نظام الكون لجاليليو
(ليدن ١٦٩٩)

وعلى الرغم من أن النظرية الجديدة كانت متباينة تماما عن النظرية القديمة الا أن كوبرنيكس لم يتحرر تماما من المعتقدات السائدة ، اذ لا يفعل ذلك الا العدد القليل من الناس . فمثلا كان مازال متمسكا بفكرة أن الحركة لابد لها أن تتم فى دائرة ، وكان مازال يعتقد أن النجوم مثبتة فى كرة عظيمة . وعلى ذلك كان مازال يعتنق نظرية القرون الوسطى أن الكون محدود فى حجمه . ولكن هذه البقايا من المعتقدات القديمة لم تكن ذات أهمية ، اذ أن قيمة نظرية كوبرنيكس كانت فى أنها أمدت الناس بوجهة نظر جديدة ، وهيأت للناس اساسا للبحث مثلها فى ذلك مثل أية نظرية أخرى جديدة . وقد بدأ الناس من ذلك الوقت فصاعدا يرصدون السموات بحماس متجدد ، واندفع الفلك الحديث سائرا اقدما فى طريقه .

٤ ـ أفكار جديدة عن الكون

على الرغم من أن تغير الافكار الذى أوجد الدافع صوب فلك جديد كان راجعا فى غالبيته الى كوبونيكس ، الا انه من الممكن اقتفاء أثره الى الى أبعد من ذلك بكثير . فقد ذكر فيثاغورس أن الأرض ليست ثابتة ،

ولكنها تدور حول محورها كالخذروف الدائر (١) وذكر أوستارخوس من أهالى ساموس الذى ذاع صيته حوالى ٢٨٠ ق ٠ م ، والذى ربما كان أعظم علماء الرياضيات الاغريق أن الأرض لاتدور حول محورها فحسب مسببة بذلك تتابع الليل والنهار ، بل تدور أيضا دورة سنوية حول الشمس ٠

ومع ذلك فقد طمست هذه النظريات بسبب تعاليم أرسطو ، فغمرها النسيان خلال تلك القرون الطويلة التى اتخذه الناس فيها امامهم الوحيد الذى يهتدون به. ومع ذلك فقد أوجدت حركة احياء العلوم الاغريقية فى القرنين الخامس عشر والسادس عشر سيلا من الأفكار الجديدة .

ووضع كوبر نيكس الخطوط الرئيسية لنظريته أثناء اقامة قصيرة فى ايطاليا درس خلالها كثيرا من المؤلفات الرياضية الاغريقية ٠ ولكنه من المهم أن نلاحظ أنه قبل نشر مؤلف كوبرنيكس بقرن وجد احد الكرادلة العلماء من أهالى كوزا (١٤٠١ ـ ١٠٦٤) يدعى نيقولاس نظريات تخالف بدرجة غريبة العقائد المسلم بها عن الكون ٠ ولم ينزل نيقولاس أرضنا فقط عن عرشها كمركز متوسط للكون ، ولكنه رأى أيضا أن الكون يمتد الى ما لا نهاية ويحتوى على ألوف مؤلفة من النجوم بعضها ذات أحجام هائلة وكان يعتقد أن كثيرا من هذه النجوم شموس تحوطها كواكب . وكان من رأيه انه ربما كانت هناك عوالم أخرى يسكنها أناس أحياء . ولذلك كان تصوره يختلف اختلافا شاسعا عن تصور فلاسفة القرون الوسطى ٠

ويبدو أن نيقولاس الكوزوى كان أول رجل منذ العصور القديمة استخدم الوزن كوسيلة لاكتشاف حقائق عن الأشياء التى تكتنفه . وترينا سجلات تجارية أنه أدرك فكرة القياس ، ولم يقنع بمجرد التأمل فى النتائج التى حاكتها تخيلاته .

ولذلك لم تكن نظرياته عن الكون تخيلات فارغة ، على الرغم من أنه لم تكن لديه وسائل لاختبار نتائجه . وكان موقنا أن الأرض تتحرك ، اذ قال : لقد فكرت طويلا فى أن الأرض ليست ثابتة ولكنها تتحرك كما تتحرك النجوم الأخرى . ورأى أن الأرض تدور حول محورها كل يوم وليلة . وعلاوة على ذلك فحيث انه تصور العالم عالما لا حدود له ، فلم يفكر فى مركز له ، اذ قال : لا يمكن أن يكون هناك مركز أو محيط ، وذلك لأن المشاهد حيثما وجد فى الكون يبدو له كأنه فى مركزه .

---

(١) الخذروف هوما يسمى بالنحلة التى يلعب بها الأطفال .

(المترجم)

ومن العجيب أن وجهات النظر هذه لم تؤد به الى الاضطهاد بتهمة الزندقة . أن صفته الكهنوتية ونفوذه القوى لم يكونا لينقذاه من قبضة محاكم التفتيش ، اذ ربما لم يقرأ كتبه أولئك الذين كانت السلطة بيدهم . والأكيد أن نيقولاس الذى كان نصيرا سياسيا قويا للباباوية لم تصادفه معارضة ما ، بينما كان على تلميذه جيورد انوبرونو (١٥٤٨ ـ ١٦٠٠) أن يواجه الموت بعد ذلك بمائة عام من أجل آرائه .

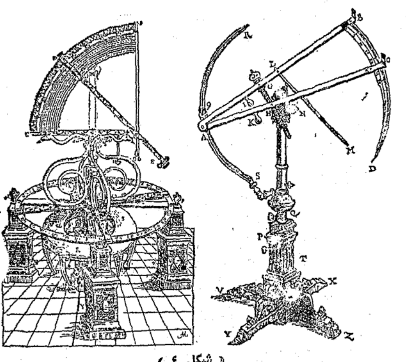
وقد ردد بورونو السيىء الطابع آراء نيقولاس الكوزىعن الكون اللانهائى معتقدا كذلك أنه كان لا نهائيا فى الزمن وانه وجد منذ أبدية مطلقة . وكان يفكر فى الله على أنه الحقيقة الجامعة التى تسيطر على الكون كله بما فيه دنيانا . أما بخصوص ذلك الجزء من الكون الذى يتكون من الأرض والكواكب والشمس فان بورونو كان من انصار تعاليم كوبرنيكس ، متحديا بذلك عقائد الكنيسة الرسمية ، وكان برونو غير لبق فى التعبير عن آرائه . ومن المحتمل ان عنجهيته هى التى أودت به ... وبعد أن تجول كثيرا فى أوربا قبض عليه وقدم للمحاكمة ، وحرق فوق سارية فى روما . وقد احتفظ التاريخ بتلك الكلمات التى تفوه بها أمام تلك المحكمة القاسية : « ربما تكونون أنتم الذين تحاكموننى فى وجل اشد منى انا الذى تدينونه » .

وقضى برونو أثناء أسفاره بضع سنوات فى انجلترا ، وأخرج مؤلفاته الرئيسية فى لندن باللغة الايطالية . وكانت لندن احدى المدن القلائل فى ذلك العصر التى كان من الممكن اجراء المناقشة فيها فى جو حر نوعا ما . وكانت جماعة العلماء الذين استقبلوا بورونو ملمين الماما تاما بالايطالية ، كما كان كثير من مواطنيه يعيشون فى لندن فى ذلك الوقت . وطبعت كتبه ونشرت سرا خوفا من محاكم التفتيش . ومع ذلك فقد كانت ذات أثر عظيم فى نشر الأفكار الجديدة فى انجلترا .

٥ ـ أساس الفلك القائم على أعمال الرصد

وضعت أسس علم الفلك الحديث من ناحية اعتمادها على الأرصاد بواسطة رجلين متباينين أشد التباين فى أخلاقهما ومواهبهما : أحدهما تيكو براهى (١٥٤٦ ـ ١٦٠١) رجل أرصاد مدقق ولكنه لم يكن عالما من علماء الرياضيات ، والآخر جوهانز كيبلر (١٥٧١ ـ ١٦٣٠) الذى لم يكن رجل أرصاد ، ولكنه كان عالم رياضيات واسع الخيال ، وقد عهد اليه تيكو بسجلات أعماله التى اتمها فى حياته ، ان كلا منهم كان يكمل الآخر .

وتتلخص الخدمة الكبرى التى أسداها تيكو فى بناء الفلك الحديث فى مثابرته على رصد السماء بصبر وجلد ليلة بعد ليلة مدى عشرين عاما . انه عاش كأمير ناسك على احدى الجزر التى تبعد عن ساحل الدانمرك • ولم يحتج عمله الى سبحات من الخيال بل الى مثابرة ودقة فحسب . وكانت آلاته من ابسط الأنواع ، ولم تكن التلسكوبات قد اخترعت بعد . لم يكن لديه الا عيونه ليراقب بها السماء ، واستعمل لقياس الارتفاعات الزاوية للكواكب ربعا معدنيا مرقمـا بدرجات مثل المنقلة مجهزا بذراع متحركة وضوابط مشاهـدة (شكل ٤) . وكان بجدران وسقف مرصـده ثقوب يستطيع من خلالها مشاهـدة جزء من السماء . وزودتنا أرصاده التى كانت أدق وأكمل أرصاد بوشرت حتى عصره بسجلات عن مواقع الكواكب فى فترة استغراقت عشرين سنة . وعلى الرغم من ذلك فان هذه النتائج كانت تبدو له كمجموعة لا معنى لها من الأرقام ، ولم تكن لديه فكرة ما على انها حينما توضح توضيحا صحيحا سيتكشف عنها الكثير .



(شكل ٤)

اجهزة استعملها تايكو براهى

ومن حسن الطالع أن المفسر الصحيح كان قريب المنال . لقد كان له افتتان بالأعداد • ومع أنه كان عالم رياضيات مدربا الا أنه كان صوفيا فى قلبه ، وكان يحاول باستمرار أن يجد معانى خفية فى الأعداد . وقد كان يقضى أياما محاولا أن يجد بعض الاتساق فى مجموعة أعداد يبدو

انها وجدت اعتباطا ، ولذلك كان خير من يعهد اليه بالصفحات المحكمة التى دبجها تيكو والتى كانت تحتوى ما توصل اليه من نتائج .

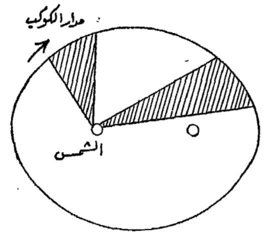
وشغل كيبلر منصب عالم رياضيات فى بلاط الامبراطور رودلف الثانى فى براغ عدة سنين . وكان الامبراطور ككثير من الناس فى عصره يؤمن بالتنجيم . ولذلك استخدم كيبلر فى مراقبة السماء واخباره بالمستقبل . وكان كيبلر نفسه يظن أن هناك شيئا من الحقيقة فى علم التنجيم ، وكان التنجيم فى نظره يعتبر على الأقل حليفا لعلم الفلك ، وهذه الخاصية فى خلال كيبلر هى التى أدت الى ما قام به من عمل جليل ، اذ من المؤكد أن الطريق الى الحقيقة احيانا مايقع وسط الخطأ .

وكان كيبلر على يقين أن الله خلق الكون طبقا لخطة هندسية محكمة. ولذلك فان بساطة نظرية كوبر نيكس اعتبرت ان هناك ست كواكب : المشترى ، والمريخ ، والأرض ، وزحل ، والزهراء ، وعطارد . فقد سأل كيبلر نفسه : لماذا كانت الكواكب ستا ؟ وبعد عمليات رياضية كثيرة وصل حسبما ظن الى دليل هندسى على أن الموجود من الكواكب انما هو ست فقط . ولم يكن هذا التطابق دقيقا على الاطلاق . وكان لابد من نسخ هذه الفكرة عندما اكتشفت كواكب جديدة فيما بعد . ولكن بالنسبة لكيبلر نفسه فان هذا الكشف المزعوم سبب له من الفرح اكثر مما سببه له كل ما قام به من عمل قيم فيما بعد . لقد ظن أنه وجد نظاما واتساقا فى هذا الكون العجيب ظل مجهولا حتى ذلك الحين . وكانت هذه البهجة حافزا له على مواصلة العمل بعزم لايلين . وهاهو ذا يقول : ان السرور البالغ الذى تلقيته من هذا الكشف لايمكن التعبير عنه اطلاقا بكلمات تقال . اننى لم آسف على وقت ضاع ابدا ، ولم أمل عملا ، ولم أتهرب من مشقة تكبدتها فى القيام بالأعمال الحسابية . لقد قضيت أياما وليالى أعد واحسب حتى استطيع ان ارى هل تتفق فرحتى مع نظرية كوبر نيكس أم هل يتلاشى طربى فى الهواء الأجوف .

٦ ـ قوانين كيبلر

شعر كيبلر أنه لا بد أن يكون هناك بعض الاتساق البسيط فى البيانات التى تلقاها عن تيكوبراهي ولذلك فانه اتبع طريقة أخرى وضعها فى محك الاختبار ليرى هل صحيحة أم لا . لقد حاول أن يجد هل النسبة بين الوقت الذى يأخذه الكوكب ليدور حول الشمس وبين بعده عن الشمس هى نفس النسبة فيما يختص بجميع الكواكب . ولكنه وجد أن الأمر ليس كذلك . حينئذ حاول أن يعرف هل نسبة مربع الوقت والمسافة واحدة بالنسبة للجميع ، وهكذا . وفي النهاية بعد أن ظل يعمل طويلا فيما

يختص بما وصل اليه من نتائج عن مواقع كوكب المريخ فى أوقات السنة المختلفة ، وجد أنه لو مد خط وهمى من الشمس الى المريخ ، فان هـــذا الخط يمر فوق مساحات متساوية فى الأوقات المتساوية (شكل ٥) • وكانت هذه في الحقيقة علاقة صحيحة بسيطة أدخلت السرور على قلبه •



﴿ شكل ٥ ﴾
توضيح أول قانونين لكيبلر

١ ـ مدار الكوكب بيضاوى
٢ ـ الخط الواصل من الكوكب الى الشمس يغشى في مستوى المدار مساحات متساوية فى ازمنة متساوية

وبعد ذلك أخذ يفكر فى المسارات التى تتخذها الكواكب فى رحلتها حول الشمس • ان الأرقام التى أعطاها براهى كانت تدل بوضوح تام على أن المريخ لم يكن باستمرار على نفس المسافة من الشمس • وعلى ذلك فاذا كان الفلك الذى تدور فيه دائريا ، فان الشمس لا يمكن أن يكون مركزها هذه الدائرة • وقد أقلقت هذه الحقيقة باله لدرجة كبيرة ، اذ أنها توحى بوجود كون غير متناسق • أهناك مخرج من هذا المأزق ؟ لقد قام بمحاولات كثيرة • وفى النهاية طرأت له فكرة أن المدار لابد أن يكون بيضاويا تقع الشمس فى بؤرته (شكل ٥) • وكانت هذه النتيجة تتفق مع الوقائع ، على الرغم من أن كيبلر نفسه شعر أن هذه النتيجة التى وصل اليها لم تكن تقريبا فى عظمة تلك النتيجة الجليلة وهى مرور الخط الوهمى الممتد من المريخ الى الشمس فوق مساحات متســـاوية فى الأوقات المتساوية • ومع ذلك فان ما وصل اليه من نتائج أجبره على أن يعتبر أفلاك الكواكب بيضاوية لا دائرية ، كما ظل الناس يعتقدون قرونا عديـــدة •

ومع ذلك فان عمله لم يكن قد انتهى بعد ، فقد حاول أن يجد العلاقة بين بعد الكواكب عن الشمس وبين زمن دورته حولها ، أو بمعنى آخر بين

الكوكب وسنته وأخيرا وبعد أن صادف فشلا كثيرا ، وجد فيما يختص بالكواكب جميعا أن مربع الوقت يتناسب تناسبا طرديا مع مكعب متوسط المسافة من الشمس • وفى استطاعتنا الآن تلخيص نتائجه فيما يلى : ــ

١ ــ تدور الكواكب جميعها حول الشمس فى أفلاك بيضاوية تقع الشمس فى بؤرتها •

٢ ــ الخط الذى يربط الكواكب بالشمس يمر فوق مساحات متساوية فى الأوقات المتساوية •

٣ ــ بالنسبة لجميع الكواكب يتناسب مربع الوقت تناسبا طرديا مع مكعب متوسط المسافة من الشمس •

وتعرف هذه النتائج الثلاث بقوانين كيبلر • انها تلخص النتائج التى وصل اليها بعد مئات من الملاحظات وتصيغها فى تعبيرات عامة موجزة • ويسمى مثل هذا التلخيص بالقانون العلمى •

وقد استعمل نيوتن قوانين كيبلر القائمة على مشاهدات براهى فى نظرية الجاذبية • ويعطى هذا لنا مثلا عن ترابط عمل عديد من العقـــول التى تميزت بها العصور الحديثة ، ويعد دليلا على انتهاء النظرة التى سادت القرون الوسطى • وكان كيبلر نفسه يقف فى مفترق الطريق (١) وقام بأبحاثه خلال السنين الأولى للقرن السابع عشر فى وقت كان ما زال الناس يضطهدون مواطنيهم باسم الدين • واضطر أن يدافع عن والدته حينما وجهت اليها الشعوذة ، ولم يتحرر هو نفسه من أغلال الروح التى سادت القرون الوسطى • ومع ذلك كانت نتائجة مقدمة لعصر جديد من التفكير ، ووضع ازدهار العلم بعد ذلك فى القرن السابع عشر أقدامنا فى الاتجاه الذى نرتاده الآن •

---

(١) انه من الممتع لنا أن نذكر أن القانون الثالث لكيبلر قد أعلن فى مؤلف عنوانه : التجانس العالمى « الذى صدر فى اوجسبيرج عام ١٦١٩ » ، وأهدى للملك جيمس الاول . وقد قرأ الملك المؤلف بشغف عظيم ، ودعى كيبلر للحضور الى انجلترا ، ولكنه لم يقبل الدعوة على الرغم من الحياة المملوءة بالمتاعب التى كان يحياها فى وطنه •

الفصل الثالث

عمل جاليليو

١ ـ باكورة أعماله

بينما كانت مسألة تحركات الكواكب تشغل بال كيبلر ، كان جاليليو (١٥٦٤ ـ ١٦٤٢) مؤسس الفزياء الحديثة مشغولا ببحث مسألة تحركات الأجسام على الأرض • وكان نبوغه العظيم واضحا وهو شاب • وذات يوم وهو فى الكتدرائية فى بيزا لاحظ التأرجحات البسيطة لأحد مصابيح المعبد الكبير ، فما كان منه الا أن وقت (١) التأرجحات مستعينا بنبضه ، اذ لم يكن هناك وقتئذ ساعات مناسبة • ومما أثار دهشته أنه على الرغم من أن تلك التأرجحات كانت فى سبيلها الى الزوال ، الا أنها كانت دائما تستغرق نفس المدة • وهذه الآن حقيقة معروفة لدى الجميع وتمكننا من صناعة ساعات البندول • وصنع جاليليو الذى ابتدأ فى هذا الوقت يدرس الطب آلة بندولية صغيرة مفيدة لتوقيت نبض المريض على أساس مشاهداته فى كتدرائية بيزا • ولكن جاليليو لم يتابع دراساته الطبية طويلا ، اذ استمع ذات يوم الى محاضرة فى الرياضيات شغف بها لدرجة أنه قرر أن يجعل من الرياضيات موضع دراسة له طيلة حياته • وقد بدأ بدءا طيبا ، وبسرعة صار أستاذا للرياضيات فى بلدته بيزا مسقط رأسه•

٢ ـ تجاربه على الأجسام الساقطة

وجد جاليليو نفسه وسط مجموعة محافظة كبيرة من زملائه فى بيزا• كانوا يعتبرون ارسطو حجتهم فى جميع أمور الفلسفة والتاريخ الطبيعى ، ولم يدر بخلدهم قط أن يقوموا بتجارب بأنفسهم • ونتيجة لذلك جللهم العار حينما بدأ جاليليو الصغير يعلن شكوكه فى تعاليم أرسطو ويقوم بتجارب لحساب نفسه •

---

(١) حسب الوقت الذى تستغرقه •

(المترجم)

لقد ذكر أرسطو أن الاجسام تسقط على الأرض بسرعة تتناسب تناسبا طرديا مع أوزانها ، فثقل يبلغ وزنه عشرة أرطال يسقط بسرعة تتعادل عشرة أمثال السرعة التى يأخذها ثقل يزن رطلا واحدا ، وهكذا دواليك • وظل الناس يؤمنون بهذه القول الذى كتب حوالى ٣٥٠ ق٠م مدة الفى عـام تقريبا • ويبدو أن الناس لم يرتابوا قط فى صـدق هذه الآراء ، لأنها كانت تبدو مقنعة جدا ، وكثيرا ما كانوا يلاحظون الريش وقطع الورق ترفرف وهى هابطة ، بينما كانت قطع الحديد تسقط بسرعة محدثة دويا • وعلاوة على ذلك كان الناس جميعا يؤمنون بما قالهأرسطو•

ومع ذلك ساورت جاليليو الشكوك مدة طويلة فيما يتعلق بهذا القول وقرر وضعه موضع الاختبار التجريبى البسيط • ولذلك تسـلق برج لينتج وأخذ معه ثقلا يزن عشرة أرطال ، وثقلا يزن رطلا واحدا ، وأسقط الثقلين فاصطدما بالأرض سويا • وكانت هذه التجربة التى قام بها عام ١٥٩١ فى الحقيقة هى الضربة القاضية التى وجهت لعلم فزياء أرسطو • وعلى الرغم من ذلك ، فان أساتذة جامعة بيزا الذين كانوا مجتمعين لمشاهدة التجربة أبوا أن يصدقوا أعينهم ، ورجعوا ليطلعوا على موضوع سقوط الاجسام فى مؤلفات أرسطو •

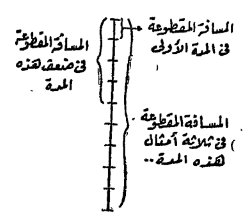
ولكن جاليليو سار فى طريقه غير آبه بعدم موافقة الآخرين • وشرع يعمل ليجد كيف تسقط الأجسام على الأرض ــ أى بأية نسبة رياضية تتحرك • لقد أدرك طبعا أن الأجسام الساقطة تتحرك بسرعة متزايدة ــ أى أن سرعتها تتزايد باطراد • ولكن سرعة جسم ساقط سقوطا طليقا كانت سريعة بالنسبة له بدرجة لم يكن فى استطاعته أن يقدرها • ولذلك قـاس الوقت (١) الذى تأخذه كرة معدنية مسـتديرة ملساء لتتدحرج هابطة فوق سطح أملس مائل ميلا بسيطا • واقتنع بادىء الأمر أن سرعة هبوط جسم فوق سطح مائل هى نفس سرعته وهو ساقط سقوطا طليقا من ارتفاع مساو لارتفاع هذا السطح •

وأجرى جاليليو تجارب مستخدما زوايا انحدار مختلفة ، ووجد أنه حينما كان يضاعف الوقت ، لم تكن المسافة المقطوعة ضعفا بل كانت٢٢ــ أى أربعة أمثال المسافة الأولى ، وأنه حينما يثلث الوقت كانت المسافة ٢٣ ــ أى تسعة أمثال المسافة الأولى • وبمعنى آخر وجد أن المسافة المقطوعة تتناسب طرديا مع مربع الوقت • ورأى أنه بجعله المستوى أشد انحدارا

---

(١) لم يكن جاليليلو ساعة يد أو ساعة حائط مناسبة أو لذلك قاس الوقت بجعل الماء ينساب من سطل به ثقب وكان بعد ذلك يزن الماء المنساب ، وكان هذا الوزن يعطيه تقديرا للوقت •

يقترب من الظروف التي تكتنف الجسم الهابط هبوطا طليقا • وقد أستنتج استنتاجا فى محله أن نفس القانون : تناسب المسافة المقطوعة تناسبا طرديا مع مربع الوقت : ينطبق على مثل هذا الجسم • (شكل ٦)



(شكل ٦)
توضيح قانون جاليليو للأجسام الساقطة

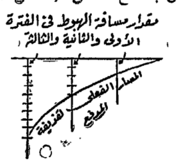
٣ – أول قانون من قوانين الحركة

ان أول تجارب جاليليو على السطح المائل أرته أنه حينما ينزلق جسم منحدرا على سطح مائل ، فانه بعد ذلك يندفع صاعدا سطحا آخر الى ارتفاع يساوى تقريبا ارتفاع النقطة التى بدأ منها مهما كان من شأن هذين المنحدرين • وقد أستغلت هذه الحقيقة فى الطرق اللووية فى الجبال والمرتفعات ، وفى السكك الحديدية الصغيرة فى ملاعب الملاهى ، وأراضى المعارض • والارتفاع النهائى الذى تستطيع العربات الجبلية أن تصل اليه لا يعادل اطلاقا وبالضبط الارتفاع الأصلى ، اذ أن هناك باستمرار بعض الاحتكاك • وقد أدرك جاليليو المقاومة الاحتكاكية وذلك لأنه اذا ترك جسم ينزلق الى أسفل أحد المسطحات ووصل هذا الجسم الى قاعدة مسطح مستو ، فانه يجرى الى الأبد بسرعة ثابتة لولا وجود المقاومة الاحتكاكية ، اذ بمجرد أن يبدأ الجسم المتدحرج فانه لا يحتاج الى قوة لتجعله يستمر فى تحركه • وهذا أمر واضح للغاية ، ولكن التوصل الى معرفته كان يعد بحق نقطة تحول فى تاريخ علم الميكانيكا •

وكان الناس حتى عصر جاليليو يعتقدون أنه من اللازم دفع جسم أو جذبه باستمرار لكى يستمر فى حركته • ومع ذلك فقد توصل جاليليو الى أن استعمال قوة اضافية ليس ضروريا للحركة ، ولكنه ضرورى فقط لتغيير الحركة • ولذلك فان الكواكب لا تحتاج الى دفع مستمر • وتستمر الأشياء الطليقة فى التحرك مع الأرض ولا تختلف عنها • وقد زاد نيوتن

على هذا المبدأ ووضحه (١) ، ولكن المؤكد أن تعاليم جاليليو تضمنت هذا المبدأ ٠

واستعمل جاليليو هذا المبدأ فى معالجته مشكلة المسار الذى تتخذه قذيفة المدفع بعد أن تترك فوهته ٠ وكان قد بدأ استعمال البارود والمدافع قبل هذا الوقت ، ولذلك كانت هذه المسألة ذات علاقة بالطرق الحربية العملية ٠ وقد عالج جاليليو المشكلة بالطريقة الآتية : لقد تصور أن قذيفة المدفع تنطلق بسرعة واتجاه معينين ، ولكنها فى اللحظة التى تكون فيها طليقة فى الهواء تبدأ فى السقوط بتعاجل (٢) مثلها فى ذلك مثل غيرها من الأشياء الساقطة ٠ وتحقق من أنه بعد مرور دقيقة واحدة تتوقف حالة القذيفة على عاملين : (١) سرعتها واتجاهها الأصليين (٢) المسافة التى قطعتها فى سقوطها منذ بدء تحركها ٠ وبما أن جاليليو كان على علم بأن المسافة المقطوعة بسرعة ثابتة تتناسب طرديا مع الوقت ، وأن مسافة السقوط تتناسب طرديا مع مربع الوقت ، فقد أوضح جاليليو أن قذيفة المدفع يجب أن تكون قوسا تنطبق كل هذه النسب عليه انطباقا دقيقا ٠ ويدعى مثل هذا القوس بالقطع المكافىء (شكل ٧)٠



مسار قذيفة مدفع منطلقة افقيا
(شكل ٧)

ولم يبق جاليليو طويلا فى بيزا ، فالرجل الذى يبز زملاءه بدرجة كبيرة لا يكون محبوبا قط ٠ ان الانتقادات التى جهربها والتعبيرات التى

---

(١) قوانين الحركة لنيوتن :

(أ) كل جسم يبقى على حالته من السكون أو الحركة المنتظمة فى خط مستقيم مالم تؤثر عليه قوة تغير من حالته ٠

(ب) معدل التغير فى كمية الحركة لجسم يتناسب طرديا مع القوة المؤثرة ، ويحدث ذلك فى اتجاهها ٠

(جـ) لكل فعل رد فعل مساوله فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه ٠

(المترجم)

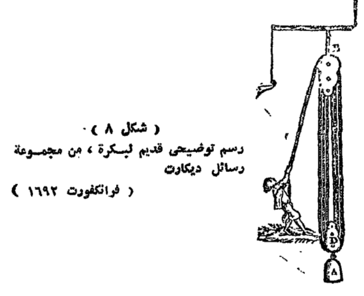
(٢) سرعة مطردة الزيادة ٠

(المترجم)

لا لباقة بها عن أرائه جعلت له أعداء كثيرين ٠ وفي النهاية صار وجوده في الجامعة غير محتمل ، ولذلك استقال وقبل استاذية الرياضيات في بادوا ٠

٤ ـ بادوا

كانت محاضرات جاليليو في بادوا انتصارات أحدثت أثرا بليغا ، وذاع صيته في الآفاق ٠ وعلاوة على محاضراته الرسمية كان يكتب أبحاثا عن التحصينات الحديثة ، وكانت تستشيره حكومة البندقية في طرق رفع المياه وتوزيعها ، وكتب رسالة شارحا « القوى الميكانيكية » أو ما نسميها الآن بالآلات مثل الميزان ، والبكرة (شكل ٨) واللولب والتروس ٠ وكانت



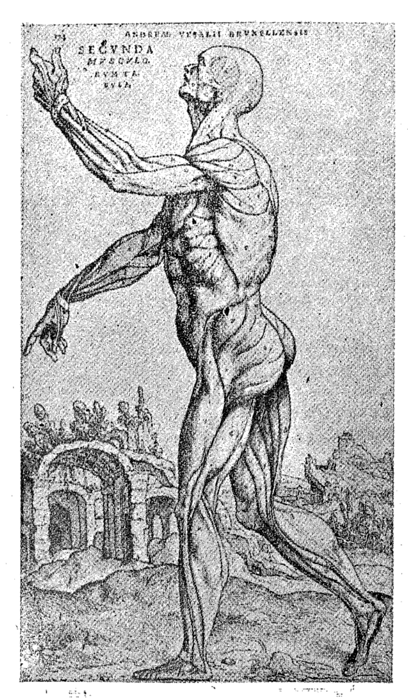
(شكل ٨)
رسم توضيحي قديم لبكرة ، من مجموعة رسائل ديكارت
(فرانكفورت ١٦٩٢)

تستعمل مثل تلك الآلات في رفع الأثقال ورفع الماء من الآبار في العصور القديمة قبل الكشف عن المبادىء الميكانيكية التي تضمنتها ٠ وكان جاليليو ملما بمبادىء الروافع التي عرفت منذ زمن أرشميدس (٢٥٠ ق.م) لقد توصل الى معرفة حقيقة لاحظها ليوناردو وآخرون أيضا ، وهي أنه على الرغم من أن الرافعة تمكننا من رفع جسم ذي وزن ثقيل بواسطة قوة صغيرة في نهاية ذراع طويل ، الا أن هذه القوة الأصغر يجب أن تتحرك خلال مسافة أطول نسبيا . وهذه الملاحظة أوجزت في العبارة التالية ما يكتسب في القوة يفقد في السرعة . وكان التعرف على هذا المبدأ هو أصل قانون الطاقة الذي تطور تطورا تاما بعد ذلك بقرنين .

٥ ـ تجارب بالتلسكوب

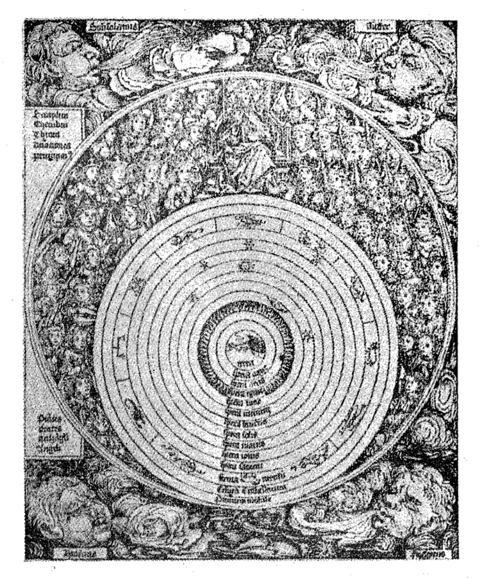
توقفت دراسات جاليليو فيما يختص بالميكانيكا فجأة فقد تألق نجم جديد في السماء عام ١٦٠٤ ، وأثار هذا شغف الناس جميعا ، وأصبح

لوحة رقم ٥



تشريح الجسم من كتاب تركيب الجسم البشرى
نشر كتاب فيساليس هذا فى بازل عام ١٥٤٣

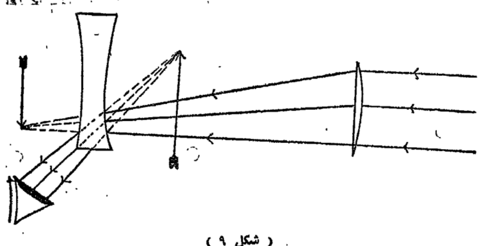
لوحة وقم ٦



رسم توضيحي لمفهوم الكون في العصور الوسطى من السجل التاريخي لنيرمبيرج عام ١٤٩٢

هناك اهتمام مباشر بالفلك • وحضرت جموع حاشدة محاضرات جاليليو ، وكان كل هؤلاء متلهفين أن يعلموا شيئا عن هذا الجسم الجديد الذى بدأ فى السماء ، وهيأ هذا فرصة طيبة لجاليليو لطعن أنصار أرسطو الذين كان من رأيهم باستمرار أن السماء لا تتغير تبعا لما قاله استاذهم ، ولكن هذا كان تغييرا بالفعل •

وسرعان ما تيسرت لجاليليو حجج أقوى ، فقد سمع اشاعة أن صانع نظارات هولندى تمكن من صنع زوج من العدسات بطريقة تجعل الأشياء البعيدة تبدو أقرب وأكبر حجما • وقد جعلته هذه الشائعة يعمل فكره • وكان يعرف بطريقة غامضة كيف تجمع العدسة أشعة الضوء التى تسقط وسرعان ما حصل على بعض العدسات ، ونجح فى صناعته آلة أحسن بكثير من الآلة الأصلية . وادعى جاليليو أن منظاره ، كان يكبر الأجسام التى على بعد خمسين ميلا بحيث تبدوا كأنها على بعد خمسة أميال فقط



(شكل ٩)
المبدأ الذى بنى عليه جاليليو تلسكوبه

(شكل ٩) • وقد ذاعت قصص عديدة فى الخارج عن هذه الآلات الجديدة (١) حتى تلقى جاليليو أمرا ملكيا لعرض آلته على الدوج (٢) ، وأعضاء مجلس شيوخ البندقية • تسلق هؤلاء الوجهاء أعلى برج فى البندقية ونظروا خلال التلسكوب فكان ثوابهم أن شاهدوا السفن قادمة من بعد على صفحة الماء ، تلك السفن التى كانت ما زالت غير مرئية للناس الموجودين أسفل منهم •

---

(١) أعلنت عجائب تلسكوب جاليليو على العالم فى أول جريدتين مطبوعتين عرفهما الناس • وقد طبعت هاتان الصحيفتان فى ١٦٠٩ فى استراسبرج وأوجسبيرج على التتالى •

(٢) والى البندقية • (المترجم)

وسرعان ما وجد جاليليو أن تلسكوبه زود عينيه بقوة جديدة ، وضوبه الى منطقة السماء المعروفة بنهر المجرة ، فشاهد حشدا من النجوم • ونظر الى القمر ورأى به جبالا وأودية وبدأ له كأنه عالم كعالمنا • وذات ليلـــة صافية ١٦٠٩ كان ينظر من خلال تلسكوبه الى كوكب المشترى ، ومما أثار دهشته أنه رأى عدة أجرام صغيرة بالقرب من المشترى فى صف•وكان لا يمكن رؤيته هذه الأجرام اطلاقا بالعين المجردة • لاحظ فى ليال متتالية ورأى أنها كانت تغير مواقعها بالنسبة لبعضها البعض • وعلى الفور طرأت على ذهنه فكرة أن للمشترى أربعة أقمار تدور حوله ، بالضبط كما للارض قمر يدور حولها • اذن فهناك أجسام تدور حول جرم مركزى ، نموذج مصغر للمجموعة الشمسية كما فكر فيها كوبرنيكس • ياله من كشف •

لقد فكر جاليليو بالفعل مليا فى أنظمة محتملةفى الكون،وأعلن فى رسالته لكيبلر أنه من المؤمنين بنظام كوبرنيكس • ومع ذلك فقد كان من واجباته الرسمية فى بادوا شرح النظام البطلمى القديم المعقد • ومضى بعض الوقت قبل أن يعترف صراحة بايمانه بالنظرية الجديـــدة • وكان لزاما على المرء فى تلك الأيام أن يكون حريصا فى التعبير عن الآراء التى تناهض السلطات . ألم يهلك من قبل جيوردانو بورونو بحرقه حيا على سارية ، وذلك بسبب آرائه عن السماء المخالفة لتعاليم الكنيسة ؟ ولكن جاليليو كان يضع ثقته فى عينيه ، وكان يشعر وتلسكوبه تحت تصرفه أن لديه وسيلة يستطيع بها أن يحقق صدق نظرية كوبر نيكس البالغة الأهمية •

وكانت هناك حجة غالبا ما قامت ضد نظرية كوبرنيكس،وهوانه اذا كان كوكب الزهرة الذى هو أقرب منـــا الى الشمس يتحرك بحق حول الشمس فيجب أن نرى وجهه بأكمله أحيانا مضاء بنور الشمس، ونرى أحيانا جزءا منه فقط .وبمعنى آخر يجب أنتكون للزهرة أوجه كأوجه القمر .

ولكن كوكب الزهرة اللامع ، نجمة الصباح والمساء ، كان مظهرها لا يتغير باستمرار • ونتيجة لذلك ، فان الرجال القلائل الذين عن لهم فى وقت من الأوقات أن يتدبروا الأمر استنتجوا أن هذه كانت حجة قوية ضد نظرية كوبر نيكس • ولكن جاليليو أتى بتلســـكوبه فى تلك الآونة ، وراقب الزهرة عدة أسابيع على فترات وما أطربه أن رأى الزهرة مـــرة تبدو كالهلال ، ثم بدت بعد ذلك فى حجم نصف القمر ، وبعد ذلك بدأت كدائرة كاملة من نور . ولكن الزهرة كانت تبدو باستمرار للعين المجردة بشكل لا يتغير • وكانت هذه حجة قوية فى صالح نظرية كوبر نيكس ،

ولكن بعض الأساتذة القدامى أبوا أن يستعملوا فى مشاهداتهم تلسكوب جاليليو ، وحاول آخرون أن يدحضوا ما قد رأوه بأعينهم ٠

ولذلك كثر أعداء جاليليو ، انه لم يثر حنق أساتذة الجامعة المحافظين فحسب ، بل أثار حنق الكنيسة أيضا ٠ وشعرت السلطات الحاكمة أنه كان زنديقا ، وألقيت الخطب الدينية ضده ، ولكنه استمر مـــع ذلك فى دراساته ٠ وكانت خطوته التالية هى تصويب تلسكوبه ناحية الشمس ، معلنا أنه شاهد بقعا مظلمة بدت كأنها تتحرك من يوم الى يوم عبر الكرة الملتهبة ٠ وزاد ذلك من قلق أنصار أرسطو كثيرا ، وبدأ اعـــداؤه فى الكنيسه يثيرون الآراء ضده فى روما ٠ وفى سنة ١٦١٥ استدعاه البابا ليشرح وجهة نظره ٠ استقبله البابا استقبالا حسنا للغاية ٠ وكانت المقابلة مقابلة ودية ، ولكنه مع ذلك فرض حظرا عليه الا ينشر أى مزيد من آرائه٠

٦ ـ أمجد أعمـــال جاليليو

أكمل جاليليو بعد حوالى خمسة عشر عاما من عودته من روما أعظم مؤلف له عن النظريتين الكبيرتين اللتين تفسران نظام الكون (١) ٠ وكان قد وعد من قبل ألا يتناول النظرية الكوبرنيكية بالشرح والتبيان ٠ ولذلك أعلن أن الكتاب كان شرحا غير متحيز لكل من النظريتـــين البطلميـــة والكوبرنيكيـــة ٠

وصيغ هذا الكتاب على هيئة مناقشات بين شخصين من أنصار هاتين النظريتين المتضاربتين ، وبين شخص ثالث كان يوجه أسئلة اليها ٠

وحيث ان جاليليو كان مؤمنا بنظرية كوبر نيكس ، كان من المستحيل عليه لذلك أن يظل غير متحيز ٠ انه لم يستطع تفادى جعل المناقشـــات تؤدى الى التنديد بمغالطات الجانب الآخر وكان ذا تهكم لاذع ٠ ومن سوء الطالع أنه أجرى الحجج العقيمة لأنصار النظرية البطلمية وحتى حجة أدلى بها البابا نفسه ، على لسان سيمبلكيوس ، وهو شخص أخرق استخدمت ملاحظته كأحابيل للتنديد الواضح بأنصار النظرية الكوبرنيكية ٠ وكانت الرقابة مفروضة على الكتب فى تلك الأيام ٠ ومن المحتمل أن الرقيب البابوى لم يستطع فهم كتاب جاليليو ، أو على الأقل لم يقرأه بتمعن ، وذلك لأنه نشر فى عام ١٦٣٢ ٠ وقد استقبلته الطبقة المتعلمة فى العالم بترحاب ، ونوقش من جميع وجوهه فى جميع الأوساط ٠ ولكن أعداء جاليليو رأوا أن الفرصة قد سنحت لهم الآن ٠ لقد دعى الى روما ، وكان عليه أن يظهر أمام محاكم التفتيش ٠

---

(١) حوار بين اثنين حول نظام العالم ، طبع فى فلورنس عام ١٦٣٢

ماذا كان جرمه ؟ لم يكن جرمه الوحيد أنه ذكر أن الأرض تدور حول الشمس • ان اتجاهه الكلى كان من شأنه أن يزعزع العقائد الراسخة ، فبدلا من اعتبار العلم تراثا مقدسا يتوارثه عصر عن عصر ، أخذ جاليليو يقوم بالتجارب لنفسه • وعلاوة على ذلك فانه وضع النتائج التى وصل اليها العقل البشرى موضع المناهض لسلطة الكنيسة • واعتبرت حججه ضد النظرية البطلمية كتهجم على النظام التام التى تتعلق جميع العقائد به • ومن المؤكد أن جاليليو لم يكن لبقا ، وأنه قد خالف أوامر الكنيسة ان لم يكن حرفيا فروحيا • وقد أجرم أيضا فى جرحه كبرياء البابا • واعتبر شخصا خطرا ولذلك قدم للمحاكمة •

وأنه لمما يثير الشجى أن نفكر فى شخص كجاليليو ، شخص كبارى مهدم ، جاثيا يطلب التوبة • لقد أجبر أن يستنكر النظام الكوبرنيكى • وقد كان لمحاكم التفتيش تلك القوة الكبيرة ، ولكنها لم تكن لديها قـــوة تقضى بها على تيار الروح الجديدة التى سرت فى العالم ــ روح الاستقصاء التى كانت لاتزال سارية فى دماء جسد جاليليو الواهن ، والتى شغلت بال خلفائه فغيرت نظرية البشرية كلها •

وكان من أعظم الخدمات التى أسداها جاليليو للعالم تمييزه الواضح بين ما يمكن أن يقاس وما لا يمكن أن يقاس • ومن الأمثلة التى ضربها لذلك أنه من الممكن أن نقيس حجم شيء ونقدر وزنه والسرعة التى يتحرك بها ، ونعبر عن هذا كله بالأعداد • ولكنه أوضح أنه لا يمكننا أن نعبر بالاعداد عن رائحة أى شيء ، أو مذاقه ، أو لونه ، أو أى شيء آخر من الآثار التى تتوقف على حواسنا . وقد شغل رجال العلم أنفسهم منـــذ زمن جاليليو بشكل • متزايد بالوزن والقياس والتعبير عن النتائج بالأرقام • وحينما كانوا يتمكنون من تقدير ما كانوا يتحدثون عنه كانوا يستطيعون موازنة نتائجهم بنتائج الباحثين الآخرين • وكانوا يسجلون تلك النتائج لاستخدامها فى المستقبل ويستعملونها فى اختبار الآراء المختلفة .

وبالتدريج سار المبدأ القائل بأن العلم انما هو قياس يؤثر فى جميع فروع دراسات الطبيعة . واننا لمدينون بذلك المبدأ لجاليليو .

وعاش جاليليو بعد محاكمته فى فيلته القريبة من فلورنس فى عزلته المبجلة • ولكن عقله الزاخر لم يهدأ له بال قط • اذ على الرغم من أنه قد حرم عليه نشر أية مؤلفات أخرى فى مناصرة النظرية الكوبرنيكية ، الا أنه مع ذلك جمع نتائج أبحاثه الأولى عن الأجسام الساقطة وضمنها رسالة فى الحركة كانت أساس علم الديناميكا كله .

لقد بدد جاليليو طاقاته دون اكتراث • وأثرت الرحلات الشاقة الى روما والمتاعب التى صادفها فى محاكمته على بنيته الضعيفة تأثيرا بالغا ،

وأصيب فى سنيه الأخيرة بالعمى • وفى ذلك الوقت زاره جون ميلتون (١) ، وكان اذ ذاك شابا فى مقتبل قواه يستمتع بمباهج الشـــعر (٢) وكان جميع زواره يعلقون على حالة جاليليو الهرم الأعمى وصفاء ذهنه الذى كان يخلب لبهم • ولكن النهاية كانت وشيكة اذ قضى جاليليو نحبه عام ١٦٤٢ • ومع ذلك فان عمله لم ينته ، ففى السنة التى مات فيها جاليليو ولد فيها اسحق نيوتن ، الذى قدر له أن يسير بالعمل الذى بدأه جاليليو الى نهاية مجيدة •

---

(١) شاعر انجليزى يعد الشاعر الانجليزى الثانى بعد شكسبير • (المترجم)

(٢) كتب ملتون عن تلسكوب جاليليو فى الجنة المفقودة •

الفصل الرابع

افتتاح عصر التجربة

١ ـ أسس علم المغنطيسنية

كان المعروف زمن الاغريق القدماء أن الكهرمان يكتسب خاصية اجتذاب الأجسام الخفيفة اليه مثل الريش وقطع الصوف عند دلكه ، وأن هناك مادة معينة في الأرض في قدرتها اجتذاب قطع الحديد . وكان يطلق على هذه المادة لفظ « الحجر المغنطيسى » وبعد ذلك أطلق عليه « المغنطيس » الذى اشتق اسمه من اسم مغنيسيا » فى الاغريق حيث كانت هذه المادة توجد بكميات كبيرة . ثم صار المغنطيس يعرف باسم « حجر الطريق » بالنسبة لاستعماله للدلالة على اتجاه الطريق . ويشير حجر المغنطيس فى استعماله الحالى الى أكسيد الحديد الذى يتكون طبيعيا والذى يسمى بالمغنطيط (١) .

وكانت الخاصية الحقيقية الوحيدة للمغنطيس المعروفة للقدامى هى قوة جذبه للحديد ، ولكن بمرور الوقت حاك الناس حوله عدة اقاصيص خرافية . ومما افترضته هذه الأقاصيص أن حجر المغنطيس يفقد ميزته فى حال وجود الثوم ، أو أحجار الماس ، ولكن كان المعتقد امكان عودة قوة جذبه باستخدام دم ماعز فى الوقت المناسب . وكان من المفروض ان لحجر المغنطيس خواص طبية ، وكان يوصى به بوجه خاص لعلاج النقرس . وقد توارثت الأجيال كثيرا من هذه الأقاصيص المدهشة التى تستهوى السذج فيصدقونها .

وقد عرف فى القرون الأخيرة من العصور الوسطى أن قطعة الحديد التى مغنطت باحتكاكها بحجر مغنطيس تأخذ اتجاها شماليا جنوبيا تقريبا لو ثبتت فى محور بحيث يمكنها ذلك من التحرك بحرية فى مستوى افقى . وكانت تستعمل أحجار المغنطيس هذه ، كما قد رأينا لارشاد

---

(١) أكسيد الحديد المغنطيسى (المترجم)

السفن فى البحر • وأحيانا كان المغنطيس بدلا من تثبيته بمحور ليتأرجح يوضع فى فنجان خشبى طاف فى قدح مائى . وهناك رسم لمثل هذا المغنطيس الطافى فى احدى مذكرات ليونارد دافنشى . ولكن مثل هذه الدراسات المبكرة لم تتابع أكثر من ذلك حتى انتهى القرن السادس عشر تماما .

ويرجع تاريخ الدراسة العلمية للمغناطيسية فى الحقيقة الى ايام وليم جيلبرت (١٥٤٠ ـ ١٦٠٣) • وقد درس هذا الرجل العظيم الطب فى كامبردج ، وبعد ذلك مارس هذه المهنة فى لندن حيث عمل كطبيب للملكة الياصبات . وفى فترات فراغه من واجباته كطبيب للقصر قام جيلبرت بالأبحاث البالغة الأهمية التى اكسبته لقب أبى المغنطيسية • ويبدو انه كان شديد الاخلاص للياصبات . ويخبرنا أحد مؤرخى الجيل التالى باشارة لبقة قائلا : لقد بلغ اخلاصه للملكة حدا جعله يموت فى السنة التى ماتت فيها عام ١٦٠٣ ، كما لو كان غير راغب أن يبقى حيا بعدها .

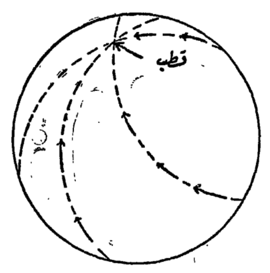
وقد دون جيلبرت قصة تجاربه فى كتاب نشره عام ١٦٠٠ (١) اوضح فيه أن الأرض نفسها ماهى الا مغنطيس . وكان هذا أول كتاب علمى هام طبع ونشر فى انجلترا . وفى احدى تجاربه الأولى أخذ جيلبرت قطعة مغنطيس وجعلها على شكل كروى ، ثم وضع ابرة حديدية على المغنطيس ، وأمسكه بيده ، فلاحظ انه تأرجح أول الأمر حول مركزه ثم استقر . رسم خطا بالطباشير على المغنطيس لتحديد موقع الأبرة . ثم امسك بعد ذلك بالحجر فى وضع مختلف وحدد الاتجاه الذى استقرت فيه الابرة . وبعد أن كرر هذه العملية عدة مرات ، وجد مغنطيسه مغطى بعدد من الخطوط الطباشيرية التى يمكن توصيلها سويا لتكون دوائر مثل خطوط الزوال على الكرة الأرضية . وقد شوهد تقاطع هذه الدائرة فى نقطتين متقابلتين على المغناطيس سماها جيلبرت اقتفاء لكاتب أقدم منه « القطبين » (شكل ١٠) •

وبعد ان اهتدى جيلبرت الى القطبين بهذه الطريقة ، وضع المغنطيس الى كوب خشبى وجعله يطفو فى قدح من الماء . وقد لاحظ أن القدح اخذ يتأرجح حول محوره ثم استقر فى النهاية . وكان الخط الموصل للقطبين فى اتجاه شمالى جنوبى • وعلى ذلك استطاع أن يميز طرف

---

(١) كان عنوان الكتاب : المغنطيسى والاجسام الممغنطة والمغنطيس الكبير ، الارض (لندن ١٦٠٠) •

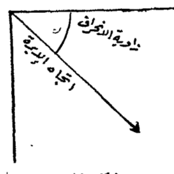
المغناطيس الذى يتجه شمالا باستمرار . ووجد بجعله مغنطيسين يطفوان أن الأقطاب المتشابهة تتنافر ، بيد أن الأقطاب المختلفة يجذب بعضها بعضا .



(شكل ١٠)
توضيح تجربة جيلبرت بالمغنطيس الكروى ظهرت فيه الابرة فى عدة مواضع

وصنع جيلبرت أيضا آلة صغيرة مفيدة تتكون من قطعة حديد ممغنطة شكلها كشكل السهم ومركبة فى محور كابرة البوصلة الصغيرة التى نستعملها الآن ، واستطاع جيلبرت بمساعدتها أن يجد أى القطبين هو القطب المتجه شمالا باستمرار ، أو مايعبر عنه بالقطب الشمالى على سبيل الايجاز لأية قطعة من قطع المغنطيس .

وكان من المعروف فى زمن جيلبرت أنه لو ركبت ابرة ممغنطةبحيث يمكنها أن تدور فى مستوى رأسى يقع فى اتجاه شمالى جنوبى فانها تتخذ أوضاعا مختلفة فى الأماكن المختلفة على سطح الكرة الأرضية شكل ١١) . وقد شوهد أن القطب الشمالى للابرة فى خطوط العرض



(شكل ١١)
زاوية الانحراف

الشمالية ينحرف نحو الأرض . ووجد ان زاوية الانحراف الواقعة بين الابرة والمستوى الأفقى تبلغ ٧١ ٥ فى لندن فى تلك الأيام ، وأن الزاوية تكبر كلما أقتربنا من القطب الشمالى ، وكلما اقترب المشاهد من خط الاستواء كلما نقصت .

وقام جيلبرت بدراسات مماثلة على نطاق ضيق بأحجارمغنطيسية كروية الشكل ، ووجد أنه اذا ركبت أبرة تركيبا مناسبا فانها تتخذ فيما يختص بالمغنطيس موضعا مطابقا لزاوية الانحراف على الأرض « ان هذا الانحراف العجيب » كما قال « لدلالة واضحة على طبيعة الأرض المغنطيسية العظيمة » .

هيا بنا نعود لحظة الى البوصلة . لقد كان معروفا حتى قبل عصر جيلبرت أن الاتجاه الذى تتجه نحوه ابرة البوصلة ليس هو الاتجاه الشمالى الجنوبى بالضبط كما حددته المقاييس الفلكية . انه ينحرف عن ذلك الخط ، وتعرف الزاوية التى بين الاثنين الآن بزاوية التغير أو الميل . وكان صانعو البوصلات يعملون حسابا لهذا الانحراف . وقد اعتادوا فى عصر جيلبرت أن يجعلوا بطاقة الاتجاه الموضوعة تحت الابرة منحرفة انحرافا بسيطا . ولكن الانحراف يتغير من مكان الىمكان على سطح الكرة الأرضية ، وعلاوة على ذلك يحدث فيه تغير بسيط من سنة لأخرى ، بحيث أن التصحيح الذى كان يجرى كان تصحيحا محليا يلبث الا وقتا قصيرا فحسب . وفى عصر الياصبات كانت المعلومات الخاصة بهذا الموضوع قليلة جدا بدرجة أن مشكلة الانحراف المغنطيسى أقلقت الملاحين بدرجة كبيرة . وظن جيلبرت حينما أدرك هذه المصاعب أن ابرة الانحراف يعول عليها أكثر من البوصلة العادية . وقد وجد بواسطة أحجاره المغنطيسية الكروية الشكل أن الخطوط التى توصل الأماكن التى يتساوى فيها الانحراف تتفق مع خطوط العرض . ولذلك ظن أن ابرة الانحراف من شأنها تمكين الملاحين من رسم خرائط لخطوطهم الملاحية . ولكن حينما وضعت هذه الطريقة موضع التجربة وجد أن هناك تغيرات كبيرة فى مقدار الانحراف فى الأماكن التى تقع على خط عرض واحد ، ولذلك اضطر أن ينبذ هذه الفكرة . وبمرور الوقتأدخلت تحسينات على تركيب البوصلة ، وكان لايزال عدد الرواد المخاطرين الذين يمخرون عباب البحر فى ازدياد . ونتيجة لذلك أصبحت مقادير الانحراف معروفة فى عدد كبير من الأماكن . ولذلك كان فى استطاعة الملاح اجراء التصحيحات فىمقادير الانحراف من واقع خريطته الملاحية، ويرسم تبعا لذلك خط سفينته الملاحى بدرجة دقيقة نوعا .

وعلى الرغم من أن جيلبرت ذاع صيته غالبا بالنسبة لما قام به فىالمغنطيسية ، الا أنهقام بعدة دراسات هامةتتعلق بخواص الأجسام

المكهربة . ونحن مدينون بنفس كلمة الكهرباء لجيلبرت . وقد استخدم هذا الاسم لوصف الآثار الغريبة التى شاهدها عند ذلك فى الكهرمان . والكلمة الاغريقية للكهرمان هى : اليكترون ، وهذه الكلمة نفسها مشتقة من كلمة : اليكتور : ومعناها ساطع . ولاحظ جيلبرت أن قوة جذب الأجسام لايختص بها الكهرمان وحده ، ولكن هناك موادا أخرى لها نفس الخاصية مثل الزجاج . ولاحظ أن الأجسام المكهربة تفقد قوتها حينما توضع قرب لهب ، وأن التجارب التى تجرى على الأجسام المكهربة لاتؤدى الى نتائج دقيقة فى الأيام الرطبة ، وهى حقيقة معروفة تمام المعرفة الطلبة اليوم . ولكى يوضح جيلبرت التكهرب صنع جهازا بسيطا مكونا من مؤشر خفيف مركب فى محور بحيث يتمكن من الدوران بسهولة . كان يجذب حينما تقترب منه الأجسام المكهربة ولذلك كان يستخدم ككاشف بسيط للتكهرب .



(شكل ١٢)

تصوير جيلبرت لحداد يعمل على سندانه . هذا الشكل يوضح كشف جيلبرت انه اذا وضعت قطعة حديد محمية فى اتجاه شمالى جنوبى وطرقت فانها تصير ممغنطة
(من كتاب المغنطيسية)

وبين دفات كتابه فى المغنطيسية ، نجد بيانات واضحة عن حقائق مشاهداته . فمثلا دون جيلبرت أنه لو قطع مغنطيس الى نصفين فانه يتكون له قطبان فى المواضع التى كان خامدا فيها من قبل . ويوضح لنا ايضا كيف أن قضيبا من حديد محمى ذا اتجاه شمالى جنوبى يصير ممغنطا حينما يطرق بمطرقة (شكل ١٢) . ويقرر فى وصفه لهذه

التجارب ولتجارب أخرى ماشاهده بالضبط وكان فى ذلك حريصـــا على الا يستخلص أية استنتاجات أو يعطى أية ايضاحات لا أســاس لهـــا .

ويعد عمل جيلبرت فى الحقيقة مبدأ عصر التجريب بمعناه الحديث . لقد رسم لنفسه طريقة محددة للاستقصاء ، وهى الدراسة التجــريبية لخواص المغنطيسات والطبيعة المغنطيسية للأرض . انه لم يحاول أن يصف العلم كله كما فعل كتاب القرون الوسطى . وهذا التحديد الذى يفرضه الانسان على نفسه هو من خصائص الاتجاه الحديث . وانه لذو مغزى ان سنة ١٦٠٠ التى شهدت نشر مؤلف جيلبرت العظيم ، هى نفس السنة التى شهدت استشهاد بورونو فى روما . ومما يريح بالنا بعض الشىء أن ندرك أنه على الرغم من أن انجلترا فى ذلك الوقت كانت متخلفة عن ايطاليا ثقافيا بدرجة كبيرة ، الا أن روح الاستقصاء الجديدة ازدهرت فى جوها الأكثر حرية ، وأن رجال العلم على الرغم من انه كان ينظر اليهم أحيــانا بعين الريبة ، كانوا يعاملون بروح من التسامح ، وكان بعضهم كجيلبرت يتمتع برعاية ملكية (١) .

٢ ـــ اكتشاف الدورة الدموية

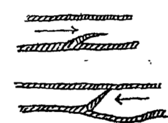
ان مبادىء القياس التى دافع عنها جاليليو فى بادوا دفاعا مجيــدا ظهرت ثمارها فى مؤلفات من قصدوها من بلاد كثيرة . لقد صارت بادوا مركزا دوليا للعلم ، اذ فتحت أبوابها للطلاب من جميع المذاهب الدينية ، وما زال فى الامكان أن نرى فى فناء جامعتها أوسمة الشرف البطــولية لبعض مشاهير الرجال الذين تعلموا هناك . وبين هذه الأنواط نوط الطبيب الانجليزى وليم هارفى (١٥٧٨ ـــ ١٦٥٧) الذى زاول مهنة الطب فى لندن بعد دراسته فى كامبريدج ، وفى بادوا بعد ذلك ، واصبح طبيبا فى مستشفى سانت بارثلميو . وسرعان ما بدأ بعد ذلك عددا من الأبحــاث اهتدى خلالها الى كشفه العظيم ـــ الدورة الدموية .

واول مفتاح لهذا الكشف أتى من مدرس هارفى فى بادوا ، الذى بين له أن هناك صمامات فى الاوردة تسمح بانسياب الدم فى اتجاه واحــد فقط . وهذه الصمامات انما هى قلابات تفتح كالباب حينما ينساب الدم مارا فى اتجاه واحد ، ولكنها توصد بأى انسياب فى الاتجاه المضــاد

---

(١) انه من الممتع أن نلاحظ أن بورونو الذى قام بأمجد اعماله فى انجلترا تعرف على جيلبرت . ومن المحتمل ان وجهات نظر بورونو وصلت الى جاليليو عن طريق كتابات جيلبرت .

(شكل ١٣) . وقد أوضح تعرف هارفى لهذه الصمامات انه لا يمكن ان ينساب الدم ذهابا وايابا فى نفس الشرايين ، كما كان الناس يعتقدون حتى ذلك الوقت .



(شكل ١٣)
كيف تسمح الصمامات فى الأوردة للدم بالانسياب فى اتجاه واحد فقط

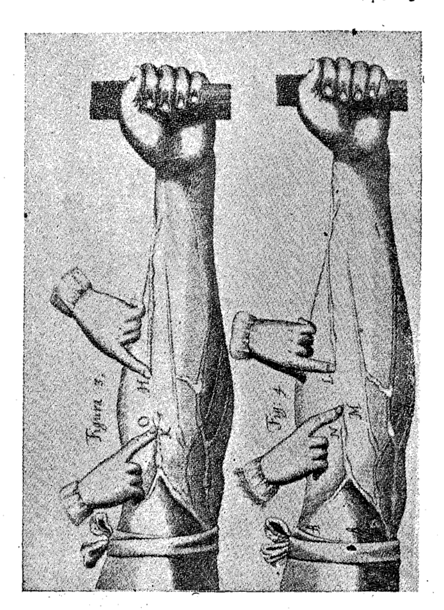
وعلاوة على ذلك فقد كان قد تعلم مبادىء انسياب السوائل من جاليليو . ولذلك فان هارفى عالج انسياب الدم من وجهة النظر الميكانيكية ، معتبرا القلب كنوع من أنواع المضخات .

ويخبرنا هارفى أن هدفه كان اكتشاف الحقائق عن طريق الفحص الواقعى ، وليس من كتابات الآخرين . لقد راقب حركات قلب الحيوانات الحية بما فيها ذكور الضفادع ، والضفادع والثعابين ، والأسماك الصغيرة والسرطانات البحرية ، والجنبرى ، والقواقع ، والمحار وكذلك قلوب الحيوانات ذات الدم الحار . واستنتج هارفى من مثل هذه الدراسات استنتاجا صحيحا ان نبض القلب يحدث عندما يتقلص القلب ، وأن هذا التقلص يدفع بالدم الى الخارج . وقد تأكد من هذا من مشاهداته لتركيب القلب نفسه .

وبعد ذلك درس هارفى انسياب الدم فى الأوردة . وكانت احدى تجاربه تتلخص فى ربط السواعد العليا لأشخاص أحياء بضمادات (لوحة ٧) . ونتيجة لهذا انتفخت الأوردة وسهلت رؤيتها .

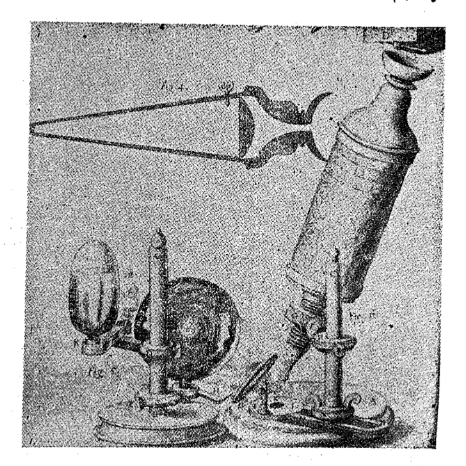
وعند ضغطه بأصبعه على احدى الأوردة فى اتجاه بعيد عن القلب وجد أن هذا الجزء من الوريد بقى خاليا من الدم . وقد أراه هذا بوضوح أن الأوردة تسمح فقط للدم بالانسياب خلالها صوب القلب . وقد لاحظ الدارسون قبله وعلى الأخص ليوناردو الصمامات فى الشرايين الكبيرة التى يسرى الدم فيها خارجا من القلب . وشاهد هارفى أيضا هذه الشرايين واستنتج وهو على صواب فيما ذهب اليه أن تلك الصمامات تسمح بانتقال الدم من القلب فحسب . وعلى ذلك أدرك أن انسياب الدم

لوحة رقم ٧



تجارب هارفي على سواعد أناس أحياء مربوطة بضمادات

لوحة رقم ٨

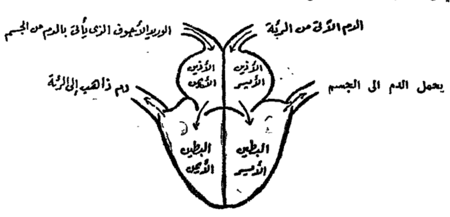


مجهر هوك

كان الشيء المراد النظر اليه يوضع عند (م) حيث تمكن رؤيته من عدة زوايا . وكان هـوك يستعمل مصباحا للاضاءة . واستخدم الاناء الزجاجي الكروي (ز) والعدسة (ط) كبـؤرة لتجميـــع الاشـــعة

فى كل من الشرايين والأوردة يجب أن يكون مستمرا ، وفى اتجاه واحد فقط . وبعد ذلك أصبح الطريق ممهدا لاكتشاف الدورة الدموية .

وقد بين هارفى أننا لو افترضنا أن البطين الأيسر للقلب يحتوى على أوقيتين من الدم ، وأن معدل النبض ٧٢ فى الدقيقة فان البطين الأيسر يخرج فى الدقيقة ٧٢×٢ أوقية دم ، أو ٧٢×٢×٣٠ كل نصف ساعة . ولكون هـذه الكمية الأخيرة أكبر من كمية الدم جميعها التى يحتويها الجسم ، فقد استنتج أن الدم الذى يتكرر ارساله من القلب يجب أن يعود ثانيا اليه (شكل ١٤)



(شكل ١٤)

الدورة الدموية اثناء مرورها فى القلب حينما تتقلص جدر البطين الأيسر يندفع الدم خلال الصمامات الى الشريان الكبير المعروف باسم الأورطة .
وينتقل من الأورطة الى شرايين أصغر تتفرع الى أصغر منها حتى يصل الى اوعية دموية تشبه الشعر ، وهى التى تعرف بالشعيرات . وينتقل من الشعيرات الى أوردة أكبر فأكبر حتى يصل الى القلب عن طريق الوريد الكبير المسمى بالوريد الأجوف الذى يصب فى الأذين الأيمن .

ويمكننا تلخيص نتائجه كما يلى (١) أن النبض يتفق مع تقلص القلب (٢) يحدث النبض بواسطة امتلاء الشرايين بالدم (٣) لا توجد هناك مسام فى الحاجز الفاصل بين جانبى القلب (٤) ينتقل الدم من الجانب الأيمن الى الجانب الأيسر للقلب عن طريق غير مباشر فقط بمروره أولا خلال الرئتين (٥) الدم الذى تحتويه الشرايين والذى تحتويه الأوردة هو نفس الدم .

وبدأ هارفى يوضح تلك المبادىء للمستمعين اليه فى الكلية الملكية للأطباء عام ١٦١٦ وهو العام الذى قضى فيه شكسبير . واستمر يقوم بهذا عشر سنوات . وأثناء هذه المدة أعاد فحص النتائج التى وصل اليها باجرائه تجارب متكررة عليها . ولم يعلن عن اكتشافاته للعالم الا بعد اغراء جاد من اصدقائه أن يفعل ذلك . وطبع مؤلفه فى فرانكفورت عام ١٦٢٨ تحت عنوان : بحث فنى تشريحى فى حركة القلب والدم .

وكان هارفى ذا خلق يتسسم بالحـرص والهدوء . لم يكن ككيبلر تستخفه الفاظ التعظيم التى تطربه . ويندفع فى تيارها ، كما لم تكن له الحمية النارية التى تميز بها جاليليو . لقد بلغ من رزانته وهدوء مزاجه انه اثناء موقعة ادجهل جلس بهدوء تحت وشيع (١) مستغرقا فى قراءة كتاب ، وكان فى ذلك الوقت يعمل طبيبا خاصا للملك شارل الأول . انه انتقل فحسب من مكانه وواصل القراءة حينما سقطت قنبلة مدفع بجواره . ان هذا المزاج الهادىء ، بالاضافة الى مهارته فى اجراء التجارب ، وتفهمه تاما لعناصر المشكلة ، مكنه من القيام بعمل رائع ينتزع حتى اليوم وبعد مرور ثلاثة قـرون الأعجاب من كل أولئك الذين يدرســون تلك الآلة العجيبة ، الجسم البشرى .

٣ ـ اكتشـافات المجهـر

على الرغم من أن هارفى كشف حقيقة الدورة الدموية ، الا أنه لم يشاهدها قط ، اذ لم يكن لديه مجهر . ونتيجة لذلك لم ير انتقال الدم قط من الشرايين الى الأوردة خلال الأوعية الدموية الدقيقة التى يطـلق عليها اسم الشعيرات . وبعد موت هارفى بأربع سنوات تمكن عالم تشريح ايطالى يدعى مالبيغى (١٦٢٨ ــ ١٦٩٤) من وصف هذه الدورة الدموية خلال الشعيرات ، واستخدم فى مشاهداته عدسة محدبة واحدة ، او مجهـرا بسيطا .

وكانت العدسات المحدبة معروفة من وقت طويل ، وكانت تسـتعمل من أزمان قديمة شريحة من كرة زجاجية كعدسة حارقة . وكان معروفا أن مثل تلك العدسات المسطحة وكذلك العدسات مكورة الوجهين من شأنها تجميع أشعة الشمس وتركيزها فى نقطة . وكانت هذه النقطة تدعى بؤرة العدسة . وأصبحت المسافة من هذه البؤرة الى العدسة تعرف باسم الطول البؤرى أو البعد البؤرى للعدسة . واستخدمت القوة المكبرة للعدسـة المحدبة كمعين على الرؤية على شكل نظارات منذ القرن الثالث عشر . ولكن سطوح تلك العدسات لم تكن مكورة الوجهين بدرجة متقنة . ولذلك كانت غير مناسبة لفحص الأشياء الدقيقة .

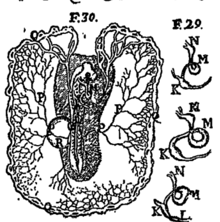
ومع ذلك فحوالى منتصف القرن السابع عشر كانت طرق صـقل العدسات وجعلها ملساء قد تحسنت الى حد كبير ، وأصبح فى الامكان مشاهدة الأشياء الصغيرة وتفاصيلها بسهولة خـلالها . وكان مالبيغى يستخدم فى أبحاثه عدسة محدبة ذات بعد بؤرى قصير جدا . لقـد

---

(١) سياج من نبات (المترجم)

فحص رئة ضفدعة ، وبذلك كان أول من شاهد الدم يسرى خلال شبكة من الشعيرات التى ينتقل بواسطتها الدم من الشرايين الى الأوردة ، ويعود فى النهاية الى القلب . وعلى ذلك فان مشاهدته هذه أكملت آخر حلقة فى سلسلة اكتشافات هارفى .

وكان مجهر مالبيغى هو الذى مكنه من ملاحظة الأطوار المختلفة التى يمر فيها جنين النقف (شكل ١٥) ، وفحص أجزاء الحشرات والتركيب الدقيق لبعض النباتات ، وأوضح أن الجلد يتكون من طبقات رقيقة ، كما كان أول من فحص التركيب التفصيلى للمخ ، والألياف العصبية .



(شكل ١٥)

الصور التى رسمها مالبيغى لتطور جنين النقف (الكتكوت قبل ان يفقس)

وأجريت دراسات هامة أخرى بواسطة أنتونى فان لييونهوك (١٦٥٢ ــ ١٧٢٣) (١) واستعمل مثله فى ذلك مثل مالبيغى عدسات مفردة ذات بؤرة قصير المدى ، واعتاد أن يصقل عدساته بنفسه . ولابد أنه كان يقوم بذلك بشكل جيد جدا ، اذ ان مدى مشاهداته مدى يدعو الى الدهشة ، وكان أول من رأى الكرات الدموية ورسمها . لقد وصف الدم بأنه مكون من دقائق متناهية فى الصغر تدعى كريات ، تلك الكريات ذات اللون الأحمر فى معظم الحيوانات وتسبح فى سائل يدعوه الأطباء مصلا ، وهذه الكريات هى التى تجعل حركة الدم ممكنة الرؤية . وحسب تقديره كانت المائة من هذه الكريات الصغيرة تعادل حين توضع جنبا لجنب قطر حبة رمل ، وعلى ذلك يعادل حجم حبة الرمل حجم كرية الدم مليون مرة (٢) وبملاحظة

---

(١) كان لييونهوك يشغل منصب ياور لحاكم ولاية دلفت . وقد استغرقت أبحاثه المهجرية مدة خمسين عاما .

(٢) اذ ان حجم الكرة يساوى $\frac{٤}{٣}$ ط نق ٣ اى حجم الكرية $\frac{٤}{٣} \times \frac{٢٢}{٧} \times (٥٠)^{٣}$

سيول الكريات المناسبة فى الأوعية الدموية الدقيقة استطاع ليبونهوك أن يتأكد من وجود الدورة الدموية فى عرف ديك حى ، وفى آذان أرنب ، وفى جناح خفاش . وفى ذيل ثعبان سمك .

وبالاستعانة بمجهره لاحظ ليبونهوك التكوين الدقيق لكثير من الأشياء الحية ، ففحص مثلا خنفساء الحنطة والدوديات التى تصيب الحبوب المخزونة ، ومكنه مجهره من أن يتكشف أطوار حياتها الأولى . وقد أعطى فى الحقيقة أوصاف يرقات كثيرة من أنواع الحشرات وبيض الدويدات . وكان المعتقد فى الوقت الذى ظهر فيه ليبونهوك أن الحشرات والحشيرات كانت تنشأ ذاتيا من المادة المتحللة مثل اللحم أو الجبن اللذين أصابهما العفن،أوالحنطة المحفوظة فى المخازن.ولكنمشاهدات ليبونهوك أقنعته ان هذا لا يحدث ، وقد بلغت به الجرأة أن أكد أن توالد الحى من الميت أمر مستحيل . ومع ذلك فلم يعترف بهذا المبدأ اعترافا عاما الا بعد الوقت الذى عاش فيه بزمن طويل .

وقد لاحظ بعض العمال القدامى ما اسموه بالديدان الحية الدقيقة فى اللحم المتعفن والمواد الأخرى ، ولكننا نعرف من أوصافهم أن ما رأوه لم يكن غير مجرد يرقات حشرية . ومع ذلك فيبدو أن ليبونهوك قد رأى فعلا تلك الصور الدقيقة من الحياة النباتية التى نسميها الآن بكتريا .انه يصف ما يسميه الحييونات (١) فى الماء واللعاب وطرطير الأسنان . ويمكننا أن نستنتج من أوصافه ورسومه انه فعلا رأى أنواعا معينة من البكتيريا. ومن المدهش أنه استطاع ان يفعل ذلك بالاستعانة بعدسة واحدة فقط . ومن الغريب انه على الرغم من أن دراساته حظيت باهتمام رجال العلم فى العالم ، الا انها لم تتابع الا بعد أكثر من مائة عام بعد وفاته .

وقد أجريت دراساتهامة بالمجهر بواسطة راصدانجليزى ذىمواهب متعددة الجوانب يدعى روبرت هوك (١٦٥٥ — ١٧٠٣) وقد جمع نتائج دراساته فى مؤلف مشهور يدعى الميكوغرافيا (٢) . ويتضمن كل فصل فحص بعض الأشياء الصغيرة — بذرة ، سن ابرة ، قطعة فلين ، خيط عنكبوت ، وهكذا . وكان هوك أول من لاحظ أن موادا كالفلين تتكون مثلها مثل أقراص العسل من صناديق متناهية فى الصغر أو خلايا كما نسميها الآن . وقد أثارت دراسات مالبيغى ، وليبونهوك ، وهوك اهتماما عظيما كما فعلت دراسات جاليليو قبل ذلك بخمسين عاما تقريبا . وقد أظهرت العدسةفى كلتا الحالتين للناسموادا جديدة، فقد اكتشفجاليليو

---

(١) مصغر حوانات . (المترجم)

(٢) الكائنات الدقيقة . (المترجم)

الأقطار الشاسعة التى تقع فيما وراء هذه الأرض أما مستخدمو المجهر الأول فقد فتحوا ميدانا جديدا ، ميدان الأشياء الصغيرة . وقد جعلت الأبحاث التى تمت بعد ذلك من المجهر آلة أكثر قوة بدرجة بعيدة المدى. وحينئذ تمكن الناس من أن يعلموا الدور العظيم الذى تلعبه تلك الأشياء الدقيقة فى الحياة البشرية .

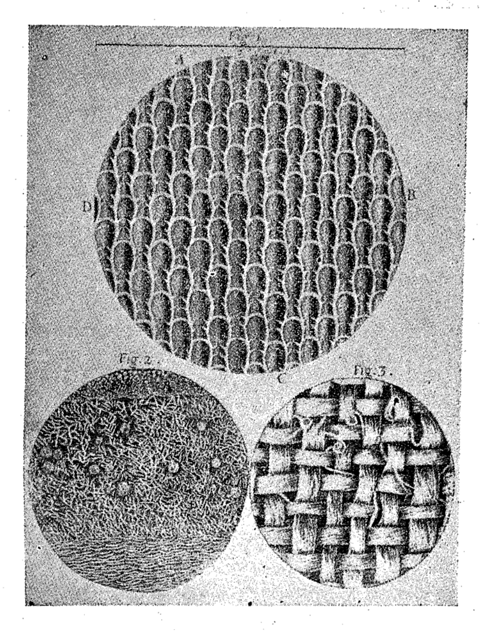
٤ ــ فيزياء الغلاف الجوى

اننا ننتقل الآن لميدان مختلف جدا من ميادين النشاط حيث انتزعت أسرارا جديدة من الطبيعة بمجرد ان بدأ الناس يسلكون ميدان التجريب، بدلا من تقبلهم آراء الماضى واعتبارها سندا يرجعون اليها . ويلم كل انسان الآن بأن للهواء وزنا وضغطا . ولكن هذه الحقائق لم تكن قد اكتشفت فى أول القرن السابع عشر . وكان الناس مازالوا متأثرين بأرسطو الذى علمهم ان الطبيعة تكره الفراغ ، وان الهواء له خاصية الخفة الطبنيعية بدلا من خاصية الثقل .

وعلى الرغم من ان هذه الآراء سادت قرونا فانها لم تمنع النـاس من استعمال الأجهزة الميكانيكية التى تعتمد بالفعل على ضغط الهواء . ومن امثلة تلك الأجهزة المضخة الماصة الكابسة البسيطة التى مازالت تستعمل الى اليوم فى رفع الماء من الآبار . وقد لوحظ أنه لا يمكن رفع الماء من بئر شديد العمق الى القمة الا الى ارتفاع يبلغ حوالى ثلاثة وثلاثين قدما فقط . . وقد بدا ان هذا وضع حدا لمقت الطبيعة للفراغ. وادت أبحاث تورشيلى (١٦٠٨ ــ ١٦٤٧) الفيلسوف الايطالى الخاصة بهذه المشكلة الى اختراع البارومتر .

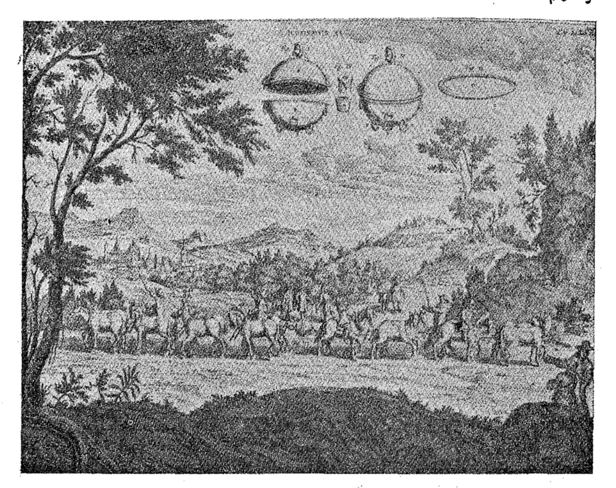
ادراك تورشلى أنه من الممكن رفع الماء حوالى ثلاثة وثلاثين قدما فى مضخة ماصة كابسة ، وأنه ليس من غير المناسب اطلاقا استخدام انابيب بهذا الطول لذلك قرر اجراء تجاربه باستعمال الزئبق الذى تعادل كثافته كثافة الماء ثلاث عشرة مرة تقريبا . وكان فى استطاعته بذلك استخدام انابيب يبلغ طولها واحدا على ثلاثة عشر من هذا الطول فى تجاربه . أخذ انبوبة زجاجية طولها أربعة أقدام تقريبا ، وأغلق احدى نهايتيها ، ثم ملأها زئبقا ، ووضع اصبعه فوق نهايتها المفتوحة ونكسها فى حوض من زئبق، ثم سحب اصبعه حينما أصبحت النهاية المفتوحة منغمسة انغماسا تاما تحت سطح الزئبق . لاحظ انسياب بعض الزئبق من الأنبوبة ، وبقى عمود من الزئبق بلغ ارتفاعه ثلاثين بوصة تقريبا (شكل ١٦) واستنتج أن هناك فراغا فوق الزئبق ، وهو ما نسميه الآن : فراغ تورشيلى . . وأدرك أن عمود الزئبق ظل مرتفعا الى أعلى بسبب ضغط الهواء، وأن التغييرات

لوحة رقم ٩



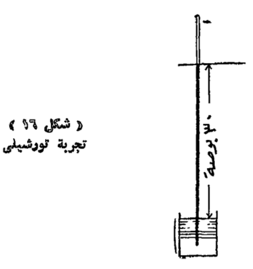
أشكال رسمها هوك لكائن حي كاس عشبا بحريا وورقة رزمار ، وقطعة قماش تحت المجهر

لوحة رقم ١٠



صورة توضيحية لنصفى كرة ماجديبيرج . أتوفون جيريك يوضح تجربته أمام الامبراطور فيردنند الثالث فى ريجنسبيرج عام ١٦٥٤.

التى تحدث فى هذا العمود تدل على تغيرات فى الضغط . وكان جهازه هذا هو فى الحقيقة أول بارومتر وجد .



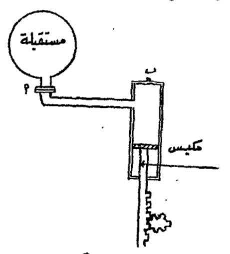
« شكل ١٩ »
تجربة تورشيلى

أما الخطوة التالية فقد اتخذها عالم الرياضيات والفيلسوف الفرنسى باسكال (١٦٢٣ — ١٦٦٢) الذى قام بتجربة مماثلة فى مستويات مختلفة من الغلاف الجوى . لقد أجرى أول الأمر تجربة على قمة برج من أبراج الكنيسة ، ولكنه لم يلاحظ الا اختلافا طفيفا فى ارتفاع الزئبق ، وبعد ذلك اختار جبلا لاجراء تجاربه بدلا من برج الكنيسة . لقد نجحت التجربة هذه المرة ، اذ كان ارتفاع عمود الزئبق عند القمة أقل بكثير من ارتفاعه عند قاعدة الجبل . ونتيجة لذلك أثبت باسكال أن الضغط الجوى يقل كلما ارتفعنا الى أعلى .

وفى أثناء ذلك كانت هناك تجارب تجرى فى ألمانيا بواسطة أوتو فون جيريك (١٦٠٢ — ١٦٨٦) . وقد أثارت تجاربه اهتماما واسعا واعتبرت كمعجزات . صنع جيريك أول مضخة هواء مجدية ، تتكون من مكبس ومستقبلة . وبمساعدتها استنفذ أكبر مايمكن من الهواء من نصفى كرة معدنيين قطرهما قدمين تقريبا ألصقهما ببعضهما البعض ليكونا كرة تامة. وقد التصق نصفا الكرة المعدنيان سويا التصاقا تاما بواسطة الضغط الجوى لدرجة أنه لم يكن فى الاستطاعة فصلهما عن بعضهما البعض حتى حينما ربطت أربعة أزواج من الجياد فى نصفى الكرة هذين واندفعت فى اتجاهين متضادتين . وبهذه الطريقة الدرامية أثبت جيريك الضغط الجوى فى ريجنسبيرج سنة ١٦٥٤ أمام الامبراطور والحشود المجتمعة (لوحة ١٠)

وأجريت الأبحاث الهامة التالية فيما يختص بالغلاف الجوى بواسطة روبرت بويل (١٦٢٧ —١٦٩١) . لقد ولد بويل فى ايرلنـده وتعلم فى

أكسفورد ولندن واشتغل هناك . وهو شخصية فاضلة من شخصيات القرن السابع عشر ، ويعود الفضل اليه فى دراسات هامة . لقد سمع عن النتائج التى وصل اليها جيريك ، وصنع بمعاونة هوك الذى كان فى ذلك الوقت مساعده فى أكسفورد مضخمة هوائية بعد أن أدخل تحسينات عليها (شكل ١٧) وبهذه المضخة أظهر بويل بوضوح أن للهواء وزنا . ونتيجة لذلك فهو شيء مادى . وقد استعمل مضخته فى اجراء تجارب على صغار الحيوانات ، وهكذا بين أن الهواء ضرورى لوجود الحياة . واستطاع بويل بادخاله أنبوبة بارومتر فى مستقبلة أن يبين مقدار التفريغ الذى أحدثته مضخته ، وذلك بقياسه ارتفاع عمود الزئبق . وبذلك قدم دليلا آخر ضد المعتقدات القديمة أن الطبيعة تمقت الفراغ ، وأن الهواء لا وزن له .



(شكل ١٧)

أحد أنواع مضخات الهواء التى استعملها بويل . كان يفتح أولا صنبور أ ويغلق غطاء الفتحة ب ، ثم يحرك المكبس الى أسفل بواسطة تحريك مقبض ، فيدخل الاسطوانة هواء قادم من المستقبلة . وبعد ذلك يغلق الصنبور ويفتح الغطاء ويحرك المكبس الى أعلى فيندفع الهواء خارجا من الفتحة ب . وبتكرار هذه العمليات عدة مرات يزداد استنفاد الهواء من المستقبلة باطراد .

ومع ذلك فقد استمسك البعض بالآراء القديمة ، اذ أكد أحد ناقدى بويل أن ضغط الهواء ليس فى استطاعته رفع عمود الزئبق الى علو ثلاثين بوصة . ولكن ارتفاع الزئبق انما تم بواسطة خيوط غير منظورة يمكن أن يحسها المرء بأصبعه . وقد أدى دفاع بويل عن نظرياته ضد تلك الاعتراضات الخاوية الى أبحاث أخرى متعلقة بالهواء . وجد أنه حينما يتضاعف الضغط الواقع على كمية معينة من الهواء فان حجمه ينخفض الى النصف ، وحينما يتضاعف ثلاث مرات فان حجمه ينخفض الى الثلث ، وهكذا . لقد وجد أن الحجم والضغط يتناسبان تناسبا عكسيا فى درجة الحرارة الثابتة .

وهذه النتيجة الهامة المعروفة بقانون بويل يعرفها كل تلميذ وتلميذة فى بدء دراستهما المبادىء العلمية .

وفى امكاننا أن ندرك الدهشة التى استولت على الناس عندما علموا أن الهواء الذى نتحرك خلاله بسهولة تامة ، والذى تسبح خلاله الطيور

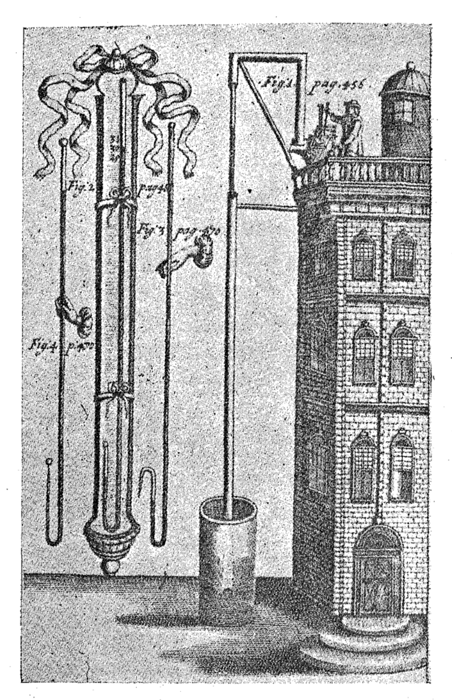
بسرعة ، يمكن أن تكون له مثل تلك القــوة التى يبلغ ضغطها الكلى على الجسم البشرى خمسة عشر طنا . ومع ذلك فان الطرق التى كان يسلكها رجال العلم لم يفهمها الباحثون فى ميادين أخرى ، فقد دون بيبس مثلا فى مفكرته اليومية فى يوم أول فبراير ١٦٦٣ كيف أن الناس اعتادوا أن يسخروا بدرجة كبيرة من الفلاسفة لأضاعة وقتهم فى وزن الهواء ولكن الفلاسفة كانوا يقضون وقتهم فيما هو مفيد . وكانت النتائج التى حققوها أساس دراسة الغازات التى جعلت من الممكن اختراع القاطرة البخارية ، والتى دفعت بالناس قدما فى طريق كثير من الاستقصاءات المجدية .

٥ ـ مبادىء الكيمياء القائمة على أساس علمى

لقد رأينا كيف أوحت الأهــداف التى كان يرمى اليها الكيمائيون القــدامى ببعض الاستقصــاء التجريبى عن تركيب المــواد . وفى القرن السادس عشر وأوائل السابع عشر صرف كثير من الكيمائيين نظرهم عن محاولتهم تغيير المعادن العادية الى ذهب ، وأنفقوا وقتهم فى تركيب الأدوية وتحضير عدد من المواد الجديدة التى ظنوا أن لها قيمة طبية . وكان من الضرورى تكرار المحاولات . وكانت النتائج فى الغالب نتائج فادحة الأثر اذ كانت تعطى سموم خطرة لمرضى ســليمى البنية . وعلى الرغم من أن هناك كيمائيين من أوائل القرن السابع عشر قاموا بعمل تجريبى أكيد بعزلهم الغازات وقيامهم بقياسات محددة ، فان الغالبية كانت تعمل خبط عشواء بلا نظريات ثابتة خالية من التناقض تهديهم السبيل . وقبل هذا الوقت كانت نظرية الكبريت والزئبق القديمة قد اتخذت صيغا جديدة . لقد أصبح الناس يتحدثون عن المكونات الأســـاسية الثلاثة : الزئبق (النفس) ، والكبريت (الروح) والملح (الجسد) . وكانت مثل تلك الآراء سببا فى المزيد من الارتباك ، اذ كان المفروض أن هناك أنواعا عديدة من الزئبق والملح ومعدن الكبريت . ويختلف معدن كبريت الحديد عن معدن كبريت الرصاص أو الخشب . وكانت الألفاظ فى الحقيقة تحمل معانى عديدة مختلفة : فكان لفظ الزئبق يطلق على المعدن البراق والمألوف ، وعلى العناصر المفروض أنها تــكون المعادن جميعها ، وعلى مبــدأ الميوعة أيضا . وفى مثل تلك الظروف لم يكن الكيمائيون فى الحقيقة يدرون عما يتحدثون .

وكانت أول خطوة نحو تنظيم تلك الآراء المشوشة هى تحديد معنى بعض عبارات معينة والالتزام بهذا التحديد . والخطوة التالية هى تنظيم دراسة للخواص قائمة بأجمعها على أساس ســليم من التجربة . وقــد اتخذت كلتا هاتان الخطوتان بواسطة روبرت بويل . وكان عنوان كتابه

لوحة رقم ١١



تجارب بويل بالبارمتر

على اليســـار بارومترات من النــوع ذى السحاحات ، والأوسط منها محمل على منبثة طقسية . وعلى اليمين تصوير تجربة بويل فى رفع الماء بواسطة المص . ويدير مســاعد على السقف احدى مضخات بويل الهوائية

لوحة رقم ١٢



CHYMISTA
SCEPTICUS
VEL
DUBIA
ET
PARADOXA
CHYMICO-PHYSICA
circa
Spagyricorum
Principia
Authore
ROB. BOYLE
Nobili Anglo

Rotterodami
Apud Arnoldum Leers
Anno 1668

صفحة عنوان الطبعة اللاتينية لكتاب بويل « الكيمائي المرتاب » عام ١٦٦٨ تمثل الاشكال الصغيرة في كلا الجانبين العناصر الاولى القديمة التراب والهواء والنار والماء والنسر ذو الرأسين في مجموعة الاشكال العليا للصفحة رمز عام استعمله الكيمائيون القدامى لتمثيل اكسير الحياة . والشمس والقمر هما الرمزان العامان اللذان استعملهما الكيمائيون القدامى للذهب والفضة .

العظيم عن الكيمياء المطبوع فى لندن ١٩٦١ : الكيمائى المرتاب ، أو الشكوك والمتناقضات الكيمائية الفيزيائية المتعلقة بالتجارب التى اعتاد الكيمائيون القدامى القليلو العلم أن يحاولوا اثبات ان ملحهم وكبريتهم وزئبقهم هى المكونات الأساسية الحقيقية لجميع الأشياء (لوحة ١٢) . وقد بين بويل فى مؤلفه كيف تتهاوى حجج الكيمائيين القدامى حينما تفحص فى ضوء التجربة والادراك السليم . وبعد أن هدم بويل الحجج القديمة عن العناصر الأربعة والمكونات الأساسية الثلاثة أعطى مفهوما واضحا للعنصر ، وبذلك وضع أسس علم الكيمياء الحديث .

وصاغ مؤلفه العظيم على هيئة أحاديث جرت على لسان شخصين : أحدهما يعتنق العقائد المشوشة لأنصار أرسطو كما بوضحها الكيمائيون القدامى ، والآخر ألا وهو الكيمائى المرتاب يشك وينتقد مبينا عدم صحة الحجج التى يدلى بها الأول ، معبرا عن آراء بويل نفسه .

وبين بويل أن كثيرا من البراهين المزعومة التى تدل على أن المواد تتكون من العناصر الأربعة : التراب والهواء والنار والماء ليست براهين اطلاقا بل مجرد ايضاحات خاطئة . وعلى ذلك فقد اعتاد الناس أن يقولوا أن احتراق قطعة من خشب أخضر يبين أنها تتكون من العناصر الأربعة (١) النار التى تظهر على شكل لهب (٢) الماء الذى يغلى ويحدث حفيفا فى أطراف الخشب المحترق (٣) الهواء الذى يرى كدخان يرتفع الى قمة المدخنة (٤) التراب الذى يتخلف على هيئة رماد . وبعد ذلك تساءل بويل : أهناك دليل على وجود النار والتراب والهواء والماء فى الخشب قبل احتراقه ، وأى حق يخول لنا أن نزعم أن تلك العناصر هى بالفعل أبسط من الخشب ذاته ؟

ثم يتساءل بويل اذا كان لدى الكيمائيين اى دليل حقيقى للزعم بأن النار هى الأداة الصحيحة العالمية لتحليل الأجسام المركبة ، ويصف بعد ذلك تجارب تدل بوضوح على أن المنتجات التى نحصل عليها بتسخين الخشب فى اناء مقفل تختلف اختلافا بينا عن المنتجات التى نحصل عليها من تسخينه فى نار مكشوفة . ويقول لقد كان ينبغى على الكيمائيين أن يعلنوا بوضوح وتحديد أكثر أية درجة من درجات حرارة النار ، وأية طريقة من طرق استعمالها تمكننا من أن نحكم أن انقساما ما أحدثته النار انما هو تحليل حقيقى .

ويشير بويل الى المكونات الأساسية الثلاثة المزعومة التى افترضها الكيمائيون القدامى بقوله : انه من المستحيل تقريبا لأى شخص متزن أن يدرك معناها ، كما هو مستحيل عليهم أن يهتدوا الى أكسيرهم . ثم

تحداهم بأن يبينوا كيف يمكن استخلاص المكونات الأساسية المزعومة : الكبريت والملح والزئبق من الذهب حتى ولو سخن الذهب لدرجة حرارة عالية . ويصف كيف أن هذا ليس هو الحال مع الذهب فقط ، بل ان كثيرا من المعادن لا تغيرها النار اطلاقا ، ويظل وزنها وهيئتها بعد التسخين هو نفس وزنها وهيئتها قبل التسخين . ويرينا بويل أيضا كيف انه فى الحالات التى من المؤكد أن يحدث التسخين فيها تغيرات واضحة فى مادة من المواد كيف أن الناتج عن هذا يكون غالبا ذا طبيعة مركبة ، ولذلك فمن الغباوة أن نفترض أن النار هى المحلل العام للأجسام المركبة .

ولم يبين لنا بويل فقط كيف يقاوم الذهب فعل النار ، بل قدم أيضا براهين مقنعة للقول بأنه عنصر . لقد بين مثلا كيف يمكن تكوين سبائك منه بالاتحاد مع النحاس أو الفضة أو القصدير أو الرصاص ، وكيف يمكن اذابته فى الماء الملكى (١) . ويمكن استعادته بعد أمثال تلك التغييرات فى حالته النقية مرة أخرى . وعلى ذلك فقد أدى به هذا الى ادراك مفهوم العنصر على أنه مادة نقية لا يمكن تحليلها الى أبسط منها . ويقول : اننى أعنى بالعناصر مواد معينة موجودة على حالتها الأولى ، ومكونة من مادة واحدة وغير مختلطة اطلاقا . ولكونها غير مكونة من أجسام أخرى أو من بعضها البعض تتكون من أجزائها المكونة لها جميع تلك المواد التى نسميها موادا مختلطة بدرجة تامة . ويضيف بويل قائلا : انه لا مبرر لتحديد عدد العناصر بأربعة أو حتى خمسة أو ستة أو أى عدد أكبر . ويقول متواضعا : انه قد يقوم باحثون أكثر مهارة منه بتجارب قد تؤدى بهم الى كشف طرق لتحليل الأجسام المركبة الى عناصرها الأولية ، وحتى الى تحليل المواد التى تبدو له أنها عناصر . ولذلك فليس هناك شىء قطعى فى تعريف بويل للعناصر . ان القطع بأن مادة معطاة هى عنصر أم لا يقوم طبقا لرأيه على أساس تجريبى ، ولذلك فرأيه بخصوص العنصر هو فى جوهره نفس رأى الكيميائيين فى الوقت الحاضر .

وفى اثنين من مؤلفات بويل الأخيرة ـ تجارب جديدة عن العلاقة بين اللهب والهواء (١٦٧٢) والشكوك التى تحوم حول الصفات الخفية فى الهواء (١٦٧٤) ـ يرينا انه كان يعلم صراحة أن الهواء مزيج مركب من عدة مواد ، وأن كلا من التنفس والاحتراق يتوقف على وجود مادة معينة تستهلك فى كل من العمليتين . ويثبت أيضا وجود خصائص

---

(١) حمض النيتريك والهيدوكلوريك وهو يذيب الذهب والبلاتين . (المترجم)

طبيعية معينة للهواء وللآثار التى تحدثها الحرارة على المواد المختلفة . وتتميز بيانات بويل كلها فى هذه المؤلفات كما فى غيرها بالحذر والتحفظ . وربما كانت أكبر خدمة أداها للكيمياء هى اصراره أن عالم الطبيعة ليس بسيطا ولكنه معقد بدرجة ساحقة . وأوضح انه من الواجب علينا فى دراسة الطبيعة أن نحذر الطريق السهل ، ونستعد للشك ولاعادة الاختبار عن طريق التجربة لكل ما نعتقد أنه صحيح . ويتسم أمجد ما تم من أعمال القرن السابع عشر بهذه الروح ، التى كانت أحد العوامل التى أدت الى الانجازات الفذة لتلك المدة .

٦ ــ فرانسيس بيكون والكشف العلمى

ان طريقة التجريب التى رأيناها تميز عمل كل من جلبرت وهارفى وبويل وضحها فرانسيس بيكون (١٥٦١ ــ ١٦٢٦) توضيحا أفاد العالم كله .

لقد وضع طريقة كاملة للبحث العلمى . ومن رأيه أن حدة الذكاء وقوته ليست ضرورية للبحث عن الحقيقة . اذ كل ما على الطالب أن يفعله هو أن يتبع الطريقة . ويخبرنا بيكون انه ان فعل ذلك فانه سيصادف نجاحا ، مثله فى ذلك مثل رسام غير متمرن يمكنه رسم خط مستقيم أن تزود بمسطرة جيدة . ويجب على الطالب أن يبدأ بذهن مفتوح ، ثم يأخذ فى تجميع الحقائق ، والأمثلة المعروفة كلها ، كمجرد سرد دون أى تأمل سابق لأوانه .

أمن المستطاع الآن تجميع الحقائق دون تدبر سابق ؟ ان كل قارىء للقصص البوليسية يعرف جيدا كيف يلزم ربط الأفكار المسلسلة بعضها ببعض بتخمينات أو فروض ، وكيف أن فرضا من فروض كتاب القصص البوليسية قد يؤدى الى نظرية تامة والى اكتشاف مزيد من الحقائق ، والى توضيح الغموض التام توضيحا كاملا . اذن فما العلم الا دراسة منظمة للطبيعة . ومع ذلك فكلما كشف لغز من الغاز الطبيعة كلما ظهر هناك لغز آخر ، وليس هناك من سبب لافتراض أنه سيحين الوقت الذى سيترك فيه رجل العلم دون أن يجد أمامه ألغازا يلزمه حلها .

وقد نسى بيكون فى توكيده لأهمية تجميع الحقائق ، والحقائق فحسب أن الخيال يلعب دوره فى ايجاد الفروض ، وأن الكشف العلمى يستلزم فى حقيقة الأمر قدرة على الفصل فى الأمور ، وان اختيار الحقائق المشاهدة يتوقف على مقدار ما يعلمه المشاهد بالفعل . ونتيجة

لذلك فان عبارة « الحقائق كلها » عبارة لا معنى لها اذا أمعنا النظر فى الأمر . وشيئا آخر هو أن بيكون جعل الكشف العلمى أمرا هينا بدرجة كبيرة . ولكن ما أوضحه ليس بطريقة الكشف اطلاقا ، ولكنه ايضاح يقوم به مشاهد ما بعد أن يكون العمل الشاق قد انتهى . وانه لمن السهولة بمكان لبيكون أو لأى فرد آخر أن يبين خطوات قضية استدلالية ويظن كيف أن حقيقة تتولد من أخرى. ان الصعوبة انما هى انعدام الفكر بادىء الأمر .

وقد أعطت شهرة بيكون كرجل من رجال الأدب قوة لكلماته . وكان تأكيده لأهمية التجريب أمرا مفيدا . ومع ذلك فيجب أن نتذكر انه ليست هناك قواعد للبحث العلمى ، وأن القرار الفاصل الذى يؤدى الى اختيار الحقائق المشاهدة يمكن اتخاذه فقط بواسطة عقل هو بالفعل على بصيرة تامة بميدان الحقائق التى تمت الى الموضوع بصلة . وأن كشفا يبدو لنا انه صدفة سعيدة انما يخطر فقط بذهن معد من قبل بواسطة المعرفة والنظام للتعرف على أهمية الأمور غير المتوقعة . ولقد قيل أن الصدف تحدث فقط لأولئك الذين يستحقونها . وهذا ما سوف نراه كلما واصلنا سرد قصتنا .

٧ ـ الأكاديميات العلمية

ولمساندة التقدم العلمى اقترح بيكون أن الواجب يحتم اقامة قصور للاختراع تقوم فيها أعداد من العلماء بأبحاثهم طبقا للقواعد التى استنها . ومن الواجب أن يقوم بمهام معينة كيلا لا يكون هناك تشابك ما . ويجب أن تنسق النتائج بحيث يؤدى هذا بسرعة الى عدم وجود شىء جديد فى حاجة الى الكشف .

ويبدو مثل هذا الاقتراح لآذاننا اليوم أمرا سخيفا . ولكنه ينطوى تحت تلك المبالغة نصيحة قيمة لرجال العلم ليتعاونوا . والدليل على أن تعاليم بيكون وصلت الى غالبية العالم بسرعة هو طوفان الكتب التى صدرت فى منتصف القرن السابع عشر التى تعالج تقدم العلم . وقد

وضعت خطط كثيرة لانشاء كليات وأكاديميات طبقا لآراء بيكون . وحتى ميلتون كتب عن ضرورة وجود أكاديمية كبيرة لنشر العلم على نطاق واسع للجميع . ولكن هذه الخطط كان لابد من اغفالها أثناء الحرب الأهلية . ومع ذلك ففى أثناء ذلك الوقت ، وقت الشغب واراقة الدماء ، أخذت جماعات من النــاس الذين ربط بينهم حب مشــترك للعلم يعقـــدون اجتماعات لمناقشة المسائل الفلسفية • وبهذه الطريقة كونوا نواة الجمعية الملكية .

وتوجد قصة نشأة الجمعية الملكية والمناقشــات غير الرسمية الأولى مدونة فى مقال كتبه أحد الزملاء المؤسسين للجمعية اذ يقول :

« أظن ان مكان نشأتهـــا وتأسيســـها كان فى لندن حـــوالى عام ١٦٤٣ (ان لم يكن قبل ذلك) حينما كنت وآخرين نجتمع أسبوعيا ٠٠ حيث حرمنا (تجنبا للانحراف الى محادثات أخرى ولبعض أســباب أخــرى) كل المحادثات اللاهوتية والمحادثات الخاصة بأمور الدولة ، والأخبار (غير ما يخص عملنا الفلسفى) قاصرين أنفسنا على الأبحاث الفلسفية والأمور التى لها صلة بذلك مثل الفيزياء والتشريح والهندسة والفلك والملاحة والميكانيكا والتجارب الطبيعية . لقد تباحثنا هناك فى الدورة الدموية ، وصمامات الأوردة ، والنظرية الكوبرنيكية ، وطبيعة المذنبات ، والنجوم الجديدة ٠٠ وادخال تحســينات على التلســكوبات وصقل العدسات لهذا الغرض ، ووزن الهواء ، وامكانية أو عدم امــكانية وجود الفراغات ، ومقت الطبيعة لهذه الفراغات ، وتجربة تور شيلى التى أجراها على الزئبق ، وهبوط الأجســام الثقيلة ودرجات العجلــة فيها ، مع أمور أخرى مماثلة . وبعض هذه كانت فى ذلك الوقت مجرد اكتشافات جديدة وبعضها لم تكن معروفة بشكل عام ومسلم بها كما هى الآن .

وكانت الاجتماعات تعقد بادىء الأمر فى منــزل فى تشيبسايد . والتحق روبرت بويل بالنادى بعد سنة من تأسيسه كأصغر عضو فيه . ولكن الكلية الفلسفية أو الكلية الخفية كما كان يســميها بويل سرعان ما اضطرت أن تفقد بعضا من اعضائها البارزين جدا ، اذ كان من أوائل التشريعات البرلمانية فى الأيام الأولى للكومنولث تشريع يقضى بتطهير الجامعات . وقد أقيل بعض العمداء وعين بدلا منهم رجال يطمأن اليهم اكثر . وبهذه الطريقة كان على الكثيرين أن يتركوا أكسفورد ويرحلوا

الى لنـدن • وعلاوة على ذلك فبالنسبة لترقيـة أحد الأعضاء البـارزين ليكون عميدا لكلية وادهام نشأ فى اكسفورد فرع جديد للـكلية الخفية • وسرعان ما بدا كريستوفر رين (١٦٣٢ ـ ١٧٢٣) وهو رجل من رجال العلم ومهندس كنيسة سانت بول المعمارى يحضر الاجتماعات . وحينما صار رين استاذ الفلك فى كلية جريشام فى لندن ، اعتاد الأعضاء أن يسافروا من أكسفورد ليستمعوا لمحاضراته الأسبوعية . وظلت فروع لندن ، وأكسفورد قائمة حتى عودة الملكية على الرغم مما تخللها من فترات توقف .

وفى يوم ٢٨ نوفمبر ١٦٦٠ حـدث اجتماع هام فى كلية جريشـام بعد احدى محاضرات رين لمناقشة انشاء كليـة للنهوض بالعلم التجريبى الرياضى الفزيائى ، واتخذت فيـه مجموعة من القـرارات • ثم بدا أنه من المرغوب فيه أن تقوم الجمعية على أساس أكثر رسمية ، وقدم التماس بتكوين جمعية للملك شارل الثانى . وصدر المرسوم فى ١٥ من يوليو ١٦٦٢ الذى بمقتضاه ارتقى النـادى المتواضع الذى كان يجتمع أسبوعيا للتشـاور والتباحث فى النهوض بالعـلم التجريبى حتى أصبح الجمعيـة الملكية • وأعلن الملك نفسه المؤسس لها •

لقـد أصبح تحصيل العلم تحت هـذه الرعاية الملكية هو الأسلوب السائد . وانضم الى الجمعية كثير من الوجهاء الذين لا عمل لهم مدفوعين الى ذلك بمجرد حب الاستطلاع ، وكثيرا ما بلغ حماسهم درجة جعلتهم يندفعون فى حكمهم • وعلى ذلك فبالاضـافة الى الأبحاث ذات القيمة العلمية كانت الاجتماعات كثيرا ما تشغل بمناقشة قصص سياح مقتضبة وأفكار خيالية جدا . وبهذه الطريقة كانت الجمعية الملكية مثار السخرية ، وعلى الأخص من قلم سويفت(١) اللاذع • وبعد خمسين سنة تقريبـا من تأسيس الجمعيـة كتب سويفت فى أسـفار جليفر عن أكاديمية كان أساتذتها العلماء مشغولين باستخلاص أشعة الشمس من الخيار والقثـاء ووضعها فى قوارير لتستعمل فيما بعد ، وبعضهم كان يحاول تحويل الثلج الى بارود ، وبعضهم يحاول بناء بيوت مبتدئين من الأسقف نازلين الى أسفل منتهين بالأسس .

ولم يكن سويفت هو الصائد الوحيد للأخطاء ، فقد خشى الكثيرون أن تكون التجارب الجديدة ذات أثر ضار بالدين معطلة للتعليم • ولكننا

---

(١) أديب انجليزى (١٦٦٧ ـ ١٧٤٥) اشتهر بهجاءاته اللاذعة ، وقصائده القوية ، واحاديثه • ومن أشهر مؤلفاته أسفار جليفر ، ومعركة الكتب ، وحديث خرافة •

(المترجم)

لسنا فى حاجة الى أن نناقش المعارضة التى لقيتها الجمعية فى ايامها الأولى ، اذ ينتقد باستمرار كل ما هو جديد من الدنيا التى تذهلها الدهشة . وسرعان ما تبينت القيمة الحقيقية للجمعية الملكية فى العمل الجماعى لأعضائها ، وفى الطريقة التى شجعت بها رجال العلم القادمين من القارة الأوروبية ، وبخدماتها فى كثير من مطالب الحياة اليومية .

وعلى ذلك ففى خلال سنين قلائل من تأسيس الجمعية قامت بأبحاث عن الغازات التى تنساب أثناء استخراج الفحم من المناجم . ونتيجة لذلك قلت مخاطر الموت لعمال المناجم بدرجة كبيرة . وكذلك بحثت فى اجتماعات الجمعية مشاكل المناجم المغمورة . ومن المناقشات التى دارت تكونت التصميمات الأولى لآلة ضخ بخارية ذات أثر فعال .

وكذلك نشرت الجمعية ابحاثا هامة عن حركة المد والجزر ، وهو موضوع ذو أهمية كبيرة ، وذلك لأن السفن التى كانت تحمل شحنات كبيرة كان فى استطاعتها دخول موانينا فقط عند ارتفاع المد . ولذلك كان من الضرورى معرفة أوقات تغيرات المد والجزر اليومية لصالح التجارة . وكانت هناك مشكلة أخرى من مشاكل الملاحة ، الا وهى مشكلة معرفة خط الطول . ولمعرفة هذا كان الناس فى حاجة الى وسيلة دقيقة لمعرفة الوقت . ولم تعرف الساعات الموثوق بها ، الكرونومترات ، الا بعد ذلك بمائة عام . ومع ذلك فقد قامت الجمعية الملكية بأعمال قيمة كثيرة فى تمهيد الطريق لقياس دقيق للوقت ، وكان الفضل فى اختراع ساعة البندول راجعا الى عضو هولاندى يدعى كريستان هيجينز (١٦٢٩ — ١٦٩٥) .

ويعتبر انشاء الجمعية حدثا على أكبر جانب من الأهمية فى تاريخ العلم . ان اجتماعات الزملاء جمعت بين الباحثين فى مختلف الميادين ، وكان تبادل الآراء فى حد ذاته ذا قيمة لتقدم العلم . وظهرت النشرة الرسمية فى الجمعية الملكية ، المقررات الفلسفية ، لأول مرة ١٦٦٥ . وسرعان ما در بيع المجلدات للزملاء والجمهور ربحا طيبا . وكان توزيع نشرة المقررات ذا أهمية كبيرة للعلم فى انجلترا والخارج . وقامت المراسلات الخارجية الرسمية بما يمكننا أن نسميه بعملية الاعلام الخاصة بالجمعية الجديدة . وقد منح أناس ممتازون من القارة درجة الزمالة ، ونشرت مؤلفاتهم بواسطة الجمعية الملكية . وبهذه الطريقة وقف العالم على ابحاث مالبيغى وليبونهوك .

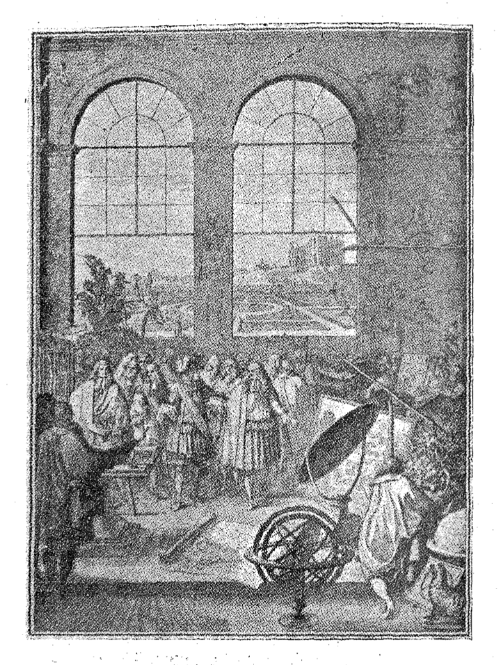
وقد أنشئت أكاديميات علمية متنوعة فى القارة أثناء الفترة التى نحن بصددها . ولم يحل عام ١٦٠٣ حتى كانت قد أنشئت فى روما

أكاديمية الأوس(١) وأوقفت هذه الجمعية اجتماعاتها بعد ادانة جاليليو أشهر أعضائها ، وأعيد تكوينها بعد ذلك ٠ وأسس تلامذة جاليليو فى فلورنس أكاديمية دل شيمنتو المشهورة (١٦٦٧) وفى سنة ١٦٦٤ أسست أكاديمية نيرنبرج . وفى فرنسا ألف العلماء جمعية سرية لمناقشة المسائل الفلسفية ٠ ومن هذا البدء البسيط نشأت أكاديمية العلوم التى أنشئت رسميا سنة ١٦٦٦ (لوحة ١٣) . وقد أبقت الأكاديميات العلمية فى القارة العلم حيا وسط التدميرات التى سببتها حرب الثلاثين عاما حينما اجتاحت ألمانيا الجيوش الأسبانية والنمساوية والفرنسية والسويدية ، فى الوقت الذى دمرت الجامعات فيه كما دمر كل شىء آخر . وفضلا عما أدته الأكاديميات من خير خلال السنين الأولى من انشائها ، فانها تعد مبدأ ذلك التعاون بين رجال العلم من مختلف الأمم الذى أقام الصرح الهائل للعلم الحديث .

---

(١) حيوان يشبه الأسد (المترجم)

لوحة رقم ١٣



أقدم صورة لاجتماع جمعية العلماء

عقد الاجتماع فى أكاديمية العلوم فى فرساى عام ١٦٧١ ، ويمكن أن ترى فى الصورة مضخة الهواء التى اخترعت حديثا بواسطة بويل ، ومجهرا ذا ثلاث قوائم ، وتلسكوبا ، وعاكسا مقعرا ، وعينات تشريحية ، وأجهزة كيماوية.

لوحة رقم ١٤



ديكارت على مكتبه
صورة غلاف مجموعة رسائل ديكارت (فرانكفورت عام ١٦٩٢)

الفصل الخامس

عصر نيوتن

١ – طرق رياضية جديدة

حينما بدا كيبلر ، وجاليليو عملهما كان ينقصهما كثير من الطرق الموفرة للوقت التى تبسط حساباتنا اليوم . فعلى الرغم مثلا من أن الأعداد العربية كانت قد حلت من زمن طويل محل الأعداد الرومانية المعقدة ، فان عمليتى الضرب والقسمة كانتا عمليتين مملتين . وانخفض الوقت الذى كانت تستلزمه الحسابات انخفاضا كبيرا بفضل استعمال اللوغاريتمات . وكان الفضل فى استعمال اللوغاريتمات يرجع الى عالم رياضيات اسكتلندى هو جون نابيير (١٥٥٠ – ١٦١٧) . وقد صارت النتائج التى وصل اليها وكذلك جداول اللوغاريتمات الأولى معروفة للعالم عام ١٦١٤ . وسرعان ما بسطت اللوغاريتمات بعد ذلك الاستعمال العملى بواسطة هنرى بريجز (١٥٦١ – ١٦٣٠) الذى كان يعمل بالتعاون مع نابيير . ومن الممتع أن نلاحظ انه على الرغم من أن كيبلر كان يقضى ساعات عديدة مضنية فى حسابات شاقة فى سنيه الأولى ، الا انه استعمل اللوغاريتمات فى مؤلفه الذى نشر عام ١٦٢٠ والذى أهداه لنابيير . وعلاوة على ذلك فقبل موت كيبلر بأربع سنوات شرح طرق نابيير فى رسالة له أقبل الناس على قراءتها فى ألمانيا ، وبهذه الطريقة ساعدت على ذيوع طرق الحساب الجديدة فى القارة .

وعلى الرغم من أن المبادىء التى سار عليها نابيير كانت تتطلب معرفة تامة بالرياضيات فقد كان من الممكن لأى شخص ذى ادراك بسيط ان يستعمل اللوغاريتمات . ولذلك لا تعترينا الدهشة ان وجدنا أن اللوغاريتمات سرعان ما استعملت فى عمل أداة نافعة هى الأداة المعروفة بالمسطرة الحاسبة التى يمكن قراءة العمليات الحسابية عليها دون اجراء عملياتها(١) وزياد على ذلك بدأ استعمال العلامات العشرية حوالى

---

(١) المسطرة الحاسبة مألوفة لنا فى المصانع والمصارف .

الوقت الذى استعملت اللوغاريتمات فيه . ولذلك فقد كان فى حوزة العلماء كل الوسائل الدقيقة لتوضيح النتائج التى كانوا يصلون اليها ، وطريقة سريعة لاستخراج النتائج الحسابية .

وشاع استعمال الرموز الجبرية ، والالمام بالمعادلات فى السنين الأولى من القرن السابع عشر . وكانت هندسة اقليدس مستعملة من زمن طويل ، ولكن النتائج كان يعبر عنها بعبارات مسهبة . ولذلك فقد حدث تقدم عظيم حينما استعملت الطرق الجبرية فى الهندسة لأول مرة بواسطة الفيلسوف الفرنسي ديكارت (١٥٩٦ — ١٦٥٠) .

وقد استخدم ديكارت (انظر لوحة ١٤) طريقة بمقتضاها يثبت موضع نقطة فى مستوى حينما تكون أبعادها من خطين أو محورين معروفة وتسمى هذه الأبعاد احداثيات النقطة ، ويعبر عنها عادة بحرفى س ، ص . وكانت هذه الطريقة تطبيقا لنظام تحديد موقع النقطة على كرة بواسطة دوائر الطول والعرض ، وهى طريقة كانت معروفة منذ القدم . ولكن الذى استجد فى معالجة ديكارت للمسألة هى ادراكه أن العلاقة بين احداثيات جميع النقط الموجودة على قوس يمكن التعبير عنها بمعادلة جبرية بسيطة مقتضبة . وعلى ذلك فان الدائرة التى نصف قطرها خمس وحدات ومركزها فى نقطة تلاقى المحورين يمكن تمثيلها بالمعادلة س٢ + ص٢ = ٢٥ . وكذلك فان الخط المستقيم الذى يكون احداثى أى نقطة عليه هو دائما ثلاثة امثال الاحداثى الآخر يعبر عنه بمعادلة س = ٣ ص أو ص = ٣ س . وبهذه الطريقة صور ديكارت المنحنى على أنه نتيجة لنقطة تتحرك تستوفى شروط معينة يمكن أن يعبر عنها بواسطة معادلة جبرية . وعلى العكس صور المعادلة على أنها طريقة سليمة للتعبير عن خصائص المنحنى . وكان هذا الاستعمال للجبر فى الهندسة سلاحا قويا فى يد رجل الرياضيات ، اذ مكنه هذا من معالجة وحل مسائل كانت من قبل مستعصية عليه . وعلاوة على ذلك فان طريقة الاحداثيات التى من شأنها ان ترى العين بسهولة العلاقة بين الكميات المتغيرة قد طبقت كثيرا فى حياتنا اليوم فى الطب ، والاحصاءات ، وشئون التأمين ، واسعار الفائدة ، وفى العمل اليومى الرتيب للمشتغلين بالعلم والمهندسين العمليين وصانعى السفن كذلك .

وباعتبار الخطوط والمنحنيات رسوما يمكن تتبعها بواسطة نقط متحركة تستوفى الشروط المبينة فى المعادلات أدخل ديكارت فكرة الحركة الى الهندسة . وتوسع بعد ذلك فى فكرة النقط المتحركة حتى شملت السطوح التى تتكون من سطور متحركة ، والأجسام الصلبة المكونة بواسطة دوران الأشكال الهندسية . وظهرت للوجود طريقة حسابية

جديدة ، حينما بذل رجال الرياضيات جهدهم لحل أمثال تلك المشاكل . وتعرف هذه الطريقة « بالتفاضل » • وكان الفضل الأكبر فى ابتكارها يرجع الى نيوتن (١٦٤٢ — ١٧٢٧) ، وللفيلسوف الألمانى والكاتب السياسى « ليبتنز » (١٦٤٦ — ١٧١٦) .

والتفاضل كما يدل عليه معناه هو طريقة حسابية ، وهو كذلك نوع من الاختزال . انه يهيىء لنا وسيلة حل عدد هائل من مسائل الهندسة والميكانيكا التى تتعلق بالكميات المتغيرة باستمرار . وحينما تكون هناك كميتان مرتبطتان ببعضهما البعض ، بحيث أن تغيرا فى احداهما يحدث تغيرا فى الأخرى ، فان كل كمية يقال انها دالة الأخرى ، وعلى ذلك فان حجم الكرة هو دالة نصف قطرها ، وذلك لأنها تتناسب مع مكعب نصف القطر • والمسافة التى يقطعها الجسم الساقط دالة الوقت الذى يأخذه فى السقوط ، وذلك لأنها تتناسب مع مربع الوقت • وكذلك فحينما يملأ المطر برميل ماء كبير تدريجيا ، نستطيع بواسطة التفاضل اذا شئنا أن نجد عمق الماء فى أية لحظة معينة • وعلى العموم فان التفاضل يهيىء لنا وسيلة اكتشاف كيفية تغير الدالة بتغير الكمية التى تتوقف عليها . وما هذه الا احدى أنواع المسائل العديدة التى يمكننا التفاضل من حلها •

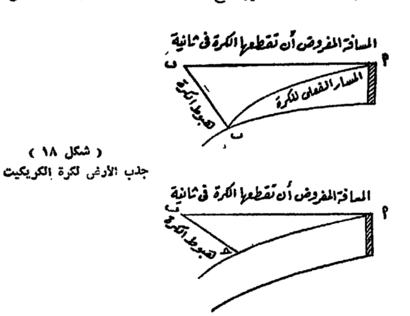
وقد احتدم جدل كثير حول مسألة ابتكار التفاضل . وقف فلاسفة القارة فى صف ليبنتز ، ووقف الانجليز فى صف نيوتن . ومما يؤسف له أن مثل تلك المنازعات نشأت فى اللحظة التى بدأ فيها رجال العلم فى جميع أنحاء أوربا يتعلمون العمل سويا • ومن المظنون أن كلا من نيوتن ، وليبنتز وصلا الى آرائهما كلا على حدة ، وأن نيوتن كان هو الأسبق فى هذا الميدان . وعلى الرغم من ذلك فقد نشرت النتائج التى وصل اليها بعد نشر نتائج ليبنتز . وقد تطلبت طريقة الرياضيات الجديدة لغة جديدة ورموزا عدية جديدة • وكانت رموز ليبنتز أدق وأسهل من رموز نيوتن ، وهى فى الحقيقة الرموز التى نستعملها الآن •

٢ — مشكلة الجاذبية

لم يأت القرن السابع عشر بطرق رياضية جديدة فحسب ، ولكنه اتى أيضا بتوضيح مشكلة متوغلة فى القدم ، الا وهى مشكلة الجاذبية . وتتبعا لآراء أرسطو تحدث الناس كثيرا ولأزمان طويلة عن مواد ذات ميل طبيعى للتحرك الى أسفل صوب مركز الأرض ، وعن مواد خفيفة بميل طبيعى للتحرك الى أعلى صوب السماء • وقيل أن مواد المجموعة الاولى كانت تسقط بسبب ثقلها ، وأن المواد الأخرى ترتفع بسبب خفتها . ولكن لم يكن هذا سوى وصف ما يشاهده الانسان بألفاظ متباينة . وبقيت المشكلة كما كانت من قبل . وقد خطا جاليليو الخطوة

الأولى فى معالجة مشكلة الجاذبية حينما اكتشف كيف تسقط الأجسام أى طبقا لأى قانون رياضى تزداد سرعة الجسم أثناء سقوطه • وخطا جاليليو أيضا الخطوة الثانية حينما تحقق أن الأجسام المتحركة اذا تركت لنفسها تستمر فى الحركة الى الأبد فى خط مستقيم ان لم تؤثر عليه قوة ما • وفى حالة قذف أى شىء فى الهواء فقط أوضح أنه « يهبط » مسافة معينة كل ثانية مثله فى ذلك مثل أى جسم آخر هابط ، وأن مسيره النهائى يتوقف على سرعته الأصلية واتجاه القذف به ومقدار هبوطه فى الثانية •

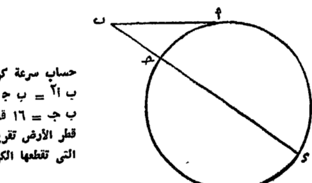
والآن دعنا نطبق مبادىء جاليليو على حالة كرة كريكيت قذفت أفقيا من فوق قمة تل أ (شكل ١٨) . وبمجرد أن تصبح الكرة حرة الحركة تبدأ فى الهبوط • ونعرف من مقاييس سرعة سقوط الأجسام أن الجسم الساقط ، اذا تغاضينا عن المقاومة البسيطة التى يتسبب فيها الهواء ، يكون قد هبط فى نهاية الثانية الأولى ١٦ قدما عما كان عليه عند نقطة بدء تحركه . وعلى فرض أن أ ب هى المسافة التى تكون الكرة قد قطعتها فى الثانية الأولى لو لم يكن هناك جذب لها صوب الأرض . واذا افترضنا أن المسافة ب أ = ١٦ قدما ، ففى هذه الحالة تصطدم الكرة فعلا بالأرض عند أ ب ، ويوضح الخط المنقط مسارها (شكل ١٨) .



(شكل ١٨)
جذب الأرض لكرة الكريكيت

ولنفترض الآن أن الكرة قذفت بسرعة عظيمة بدرجة انه بعد هبوطها ١٦ قدما فى الثانية الأولى تكون فى نقطة حـ ، وهى نقطة ترتفع عند سطح الأرض قدر ارتفاع أ . وحينئذ تستمر فى سيرها فى الثانية الثانية كما لو أنها كانت قد قذفت من حـ بنفس السرعة الأولى ، وهكذا.

ونتيجة لذلك فان كرتنا للكريكيت تستمر فى دورانها حول الأرض دون أن تصطدم بها اطلاقا . وحسبة بسيطة (شكل ١٩) ترينا أن سرعة الكرة يجب فى هذه الحالة ان تكون حوالى ٤٫٩ ميل فى الثانية ، أو قدر سرعة القطار السريع بثلثمائة مرة .



(شكل ١٩)
حساب سرعة كرة كريكيت دائرة حول الأرض
ب أ٢ = ب جـ × ب د (هندسيا)
ب جـ = ١٦ قدما، ويمكن اعتبار ب د يساوى قطر الأرض تقريبا . ومن ذلك نجد ان المسافة التى تقطعها الكرة فى الثانية هى ٤٫٩ ميلا

ونحن نعلم الآن أن قمرنا مستمر فى دورانه حول الأرض ، ويأخذ حوالى ثمانية وعشرين يوما فى دورته . ونعلم أيضا أن أرضنا وغيرها من الكواكب تدور باستمرار حول الشمس . الا يبدو محتملا ان الأرض تجذب القمر ، وبذلك تجعله يتحرك دائرا حولها ؟ ومن المحتمل ايضا ان الشمس تجذب الأرض والكواكب الأخرى . ان مثل هذه الامكانيات تدور بخلد الشاب استحق نيوتن فى عزلته فى بيته فى لنكولنشير ، بينما كان الوباء الكبير يكتسح لندن . وقد ارسل نيوتن من كامبردج مع غيره من الطلاب الى بلادهم خوفا من اندلاع المرض . وعلى ذلك كانت لديه فترة من فراغ فرضت عليه . وفى أثناء تلك الفترة الهادئة من الفراغ عالج مسائل ربما كانت اعظم المسائل اثرا فى تاريخ العلم كله .

٣ ـ محاولة نيوتن الاولى لحل المشكلة(١)

بينما كان نيوتن فى كامبردج مازال شابا صغير السن ، قرأ كتابات جاليليو وأعجب بها . وكان على المام بهندسة ديكارت . وكان بالفعل قد استنتج جزئيا طرق التفاضل التى اطلق عليها طريقة الفروق ولذلك كان رأسه زاخرا حينما ابتدأ يفكر ـ كما يخبرنا ـ فى الجاذبية التى تمتد الى فلك القمر . وسرعان ما وضع هذه الفكرة موضع الاختبار الحسابى .

(١) يعنى بذلك مشكلة الجاذبية (المترجم)

ويبلغ بعد القمر عن الأرض ٢٣٨٨٥٧ ميلا أو قدر نصف قطر الأرض ستين مرة تقريبا . ويدور القمر دورة حول الأرض فى حوالى ٢٨ يوما. وعلى ذلك فمن الممكن حساب سرعة القمر بسهولة . واذا ناقشنا المسألة كما فعلنا قبلا أمكننا ان نجد المسافة الواجب اجتذاب القمر اليها لاخراجه عن خطه المستقيم وجعله يتحرك فى دائرة مثله بالضبط كمثل كرة السكريكيت التى افترضناها . وعلى ذلك نجد ان القمر لابد أن يهبط ٠٠٤٤ر قدما فى الثانية الأولى (شكل ٢٠) وهذا أقل بدرجة كبيرة من الـ ١٦ قدما فى حالة كرة السكريكيت ، وهذا ما يجب أن نتوقعه حيث أن القمر أبعد عن الأرض بعدا شاسعا جدا ، اذا قورن بكرة السكريكيت . وتكون النسب كالآتى :

$$\frac{١٦}{٠٠٤٤ر} = ٣٦٠٠ = \frac{(\text{نصف قطر مدار القمر حول الأرض})^{٢}}{(\text{نصف قطر الأرض})^{٢}}$$

أى

$$\frac{\text{سرعة الهبوط على سطح الأرض}}{\text{سرعة الهبوط على سطح القمر}} = \frac{(\text{نصف قطر مدار القمر})^{٢}}{(\text{نصف قطر الأرض})^{٢}}$$

(شكل ٢٠)

جذب الأرض للقمر

بما أن ي أ٢ = ب جـ × ب د ففى استطاعتنا أن نحسب هبوط القمر فى ثانية ب جـ الذى يساوى ٠٠٤٤ د قدما

وعلى ذلك فان قوة الجذب تنقص كلما زاد مربع المسافة ، او بمعنى آخر تقل قوة الجذب متناسبة فى ذلك تناسبا عكسيا مع مربع المسافة.

وحينما اجرى نيوتن تجاربه مستخدما هذه التقديرات أول الأمر ، لم تكن التقديرات الميسورة لنصف قطر الأرض ولبعد القمر دقيقة . ونتيجة لذلك لم يجد التطابق التام الذى بيناه آنفا . وفوق ذلك ادرك أن هناك صعوبة كبيرة فى تطبيق مثل تلك الاعتبارات على حالة الأرض والقمر . وعلى الرغم من أن الأرض هائلة اذا قورنت بحجر ، الا أن نيوتن شك فى أن لديه ما يبرر معالجته للأرض كنقطة فى وسط فلك القمر ، وأن القمر كنقطة تدور حولها . ونتيجة لذلك صرف نيوتن النظر عن تقديراته ، وأرجأ المشكلة . ووجه عنايته بضع سنين لدراسة الضوء . وكانت أبحاثه فى هذا الموضوع كافية بمفردها ان تضعه فى الصف الأول من رجال العلم .

٤ - نظرية نيوتن فى الجاذبية

بعد أن بدأ نيوتن معالجته لمشكلة الجاذبية توصل رجل ارصاد فرنسى الى تقدير جديد لنصف قطر الأرض ، وأعلن نتائجه فى اجتماع للجمعية الملكية . عندئذ فتش نيوتن عن مذكراته القديمة واخرجها . وبتطبيق هذا التقدير الجديد وجد تطابقا أفضل بكثير عن ذى قبل ، ولكنه لم ينشر ما وصل اليه من نتائج ، اذ كان لايزال غير مقتنع ، لأن نظريته لم تكن قد تكاملت أركانها تماما . وعلاوة على ذلك فلم تكن لديه الرغبة فى جعل هذه النتائج معروفة للعالم ، اذ ان آراءه فى علم البصريات قد أدخلته فى مناقشات غير سارة ، وكان نيوتن رجلا هادئا مسالما تسبب له الخلافات البسيطة آلاما حادة .

ومع ذلك فلم يستطع اخفاء النتائج التى وصل اليها فى الجاذبية زمنا طويلا ، اذ بدات المشكلة تناقش من جميع الجوانب . ففى عام ١٦٧٣ ظهر مؤلف هام لعالم هولاندى ، كريستيان هيجينز . ووصل هيجينز غير ما وصل اليه من نتائج هامة أخرى الى النتيجة المشهورة اليوم ، وهى أنه اذا تحرك جسم فى دائرة نصف قطرها نق بسرعة ع ، فان التغير فى السرعة فى اتجاه المركز فى كل ثانية او مايسمى بالعجلة هى $\frac{ع^2}{نق}$.

وبما أن أفلاك الكواكب بيضاوية لا تختلف الا اختلافا بسيطا عن الدائرة فكتقريب مبدئى احتسب هيجينز واخرون مدارات الكواكب كدوائر ، وأثبت أن هذه النتيجة الأخيرة بربطها بقانون كيبلر الثالث يتكون منها

قانون القوة الذى يجعل الكواكب تتحرك طبقا لقانون التربيع العكسى(١)
ولكن بما أن الدائرة هى نوع معين من الشكل البيضاوى ، فان هيجينز
وغيره من الزملاء فى الجمعية الملكية بدأوا يتساءلون اذا كان قانون
التربيع العكسى المستمد من قانون كيبلر الثالث يمكن أن يتماشى مع
قانونه الأول القائل بأن مدارات الكواكب بيضاوية الشكل . وقد بدا
أن الصعوبات الرياضية كانت صعوبات لا يمكن التغلب عليها ، ولذلك
اتصلوا بنيوتن يسألونه رأيه فى الموضوع . وحينما سئل : أى مسار
يتخذه جسم حينما يجذبه جسم ضخم بقوة يتناسب تناقصها تناسبا
عكسيا مع مربع المسافة أجاب على الفور انها تتخذ مسارا بيضاويا ،
لقد كان قد توصل الى حل للمشكلة قبل ذلك بعامين ، ولكنه لم يستطع
فى تلك اللحظة العثور على مذكراته . ولكنه سرعان ما جمع كل
عملياته الرياضية السابقة ونجح فى اكمال نظريته كلها .

وعالج نيوتن أولا المشكلة العامة ، الا وهى مشكلة اجتذاب جسم
ضخم لآخر ، وبرهن على أن كرة ضخمة تجذب كرة أخرى ، كما لو
كانت الكتلة بأجمعها متركزة فى المركز . وكانت هذه نتيجة ذات
أهمية بالغة . ومكنه هذا من معالجة مشاكل الشمس والقمر والأرض
كمشاكل هندسية ، وذلك لأن كتل تلك الأجرام يمكن أن تعالج كما لو
كانت متركزة فى نقطة . وعلى ذلك فقد اعتقد أخيرا فى صواب طريقة
معالجة مشكلة الأرض والقمر ، تلك الطريقة التى استعملها أول الأمر .
وكان برهان قانون تربيعه العكسى قد تم فى ذلك الوقت . وعلى ذلك
فقد أثبت ان قوة الجذب الأرضية تمتد الى القمر وتجعله يدور حولها ،
وان قوة الجذب هذه تسير وفقا لنفس القانون الذى يسرى على حالة
حجر ساقط الى الأرض .

وبين نيوتن بعد ذلك أن قانون التربيع العكسى لا يمثل قانون كيبلر
الثالث فحسب ، بل يمثل أيضا قانونيه الأولين كذلك . وعلى ذلك فانه

---

(١) عجلة المركز $= \frac{\text{ع}^{٢}}{\text{نق}}$ اى $\frac{\text{مربع السرعة}}{\text{نصف القطر}}$

زمن الدورة $= \frac{\text{٢طنق}}{\text{ع}}$ اى $\frac{\text{محيط الدائرة}}{\text{السرعة}}$

مربع الزمن (ن٢) = ثابت × نق٣ أو (قانون كيبلر الثالث)

$\therefore \frac{\text{٤ط٢نق}^{٢}}{\text{ع}^{٢}} = \text{ثابت} \times \text{نق}^{٣}$ أو $\frac{\text{ع}^{٢}}{\text{نق}} = \frac{\text{٤ط٢}}{\text{ثابت} \times \text{نق}^{٢}}$ ،

وبما أن ثابت ع ٢ ، و ط كلاهما كميتان ثابتتان ، فان عجلة المركز تتناسب تناسبا
عكسيا مع مربع المسافة .

لم يجمع نتائج كيبلر الثلاث فحسب ، بل امتدت نظرية جاذبيته لحركات الكواكب حول الشمس . ولذلك فان نظام المجموعة الشمسية كله قد أخضع لسيطرة هذا القانون الذى يقرر أن كل جسم يجذب اى جسم آخر بقوة تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما ، وهذه الحقيقة هى جزء من قانون نيوتن الخاص بالجاذبية الذى نشره على العالم من جميع نتائجه الأخرى فى سفر طبع عام ١٦٨٧(١) .

وهكذا ربط قانون نيوتن ، قانون التربيع العكسى ، بين سلوك الكواكب وسلوك الأجسام الموجودة على الأرض فى معادلة رياضية بسيطة . انه جمع بين قوانين كيبلر والمبادىء التى تضمنتها تعاليم جاليليو . وعلى ذلك فاذا شبهنا دراسة الطبيعة بحل لغز صور مقطوعة لا نهاية لها ، يمكننا أن نقول ان كيبلر جمع بعض القطع سويا فى جزء من النموذج ، وضم نيوتن قطعا أخرى اليه ، وضمها ايضا الى اجزاء الألغاز التى حلت من قبل بواسطة كيبلر وجاليليو وآخرين ، مما جعلها تبدو صورة بسيطة جميلة . وعلى ذلك فقد كان نيوتن العظيم هو أول « ضم عظيم » أو توليف للعلم الطبيعى . ولذلك كانت خدماته للعالم خدمات فريدة . وقد ظلت النتائج التى وصل اليها غير منازع فيها حتى قرننا الحالى .

٥ ــ بعض نواحى التقدم فى دراسة الضوء

كان القرن السابع عشر عصر تقدم كبير فى دراسة الضوء . وقد صوب جاليليو كما قد رأينا فى السنين الأولى من هذا القرن تلسكوبه الى السماء كاشفا بذلك أسرارا ظلت حتى ذلك الوقت بعيدة عن أعين البشر . وقد كتب لكيبلر عن اكتشافاته ، مما نتج عنه أن كيبلر صرف النظر عن أبحاثه فى الرياضيات ، وأخذ يقوم بأرصاد للسماء مستعملا اول الأمر تلسكوبا مبنيا بطريقة تلسكوبات جاليليو التى كانت تتكون من عدسة محدبة للشيئية وعدسة مقعرة للعينية . وكان المبدأ هو نفس المبدأ المتبع فى صنع منظار الأوبرا الآن(٢) . ولكن كيبلر استعمل بعد ذلك زوج عدسات محدبة متلسكوبه حاصلا بذلك على صورة مقلوبة . وهذا الوضع العكسى لم يكن ذا تأثير بالنسبة للأغراض الفلكية . وقد عرف من ذلك الوقت هذا النوع الخاص من آلات الرصد باسم التلسكوب

---

(١) المبادىء الرياضية لفلسفة الطبيعة ، لندن ، ١٦٨٧ .

(٢) منظار الأوبرا هو منظار مزدوج يستعمل فى دور الأوبرا والمسارح وهو يشبه منظار الميدان ولكنه أصغر منه (المترجم) .

الفلـكى . ولـكن كيبلر كان مولعا بالدراسات النظرية لتلسكوبات أكثر من ولعه بالمشاهدات العملية . ولذلك عالج المشكلة العـامة لتـكوين الصور بواسطة عدسة .

وكان معروفا من زمن طويل أنه حينما يمر ضوء خلال مادة شفافة الى مادة أخـرى يحدث هنـاك تغيير فجائى فى اتجاهه ، وهو تغير يعـرف باسم « الانكسـار » . وقد لوحظ أنه عند مرور الضوء من وسط أكثر تخلخلا (١) الى وسط أكثر كثافة ، فانه ينحنى صوب المستوى العمودى . وأصبحت الزاوية بين الشعاع الساقط والعمود تعرف بزاوية السقوط والزاوية بين الشعاع المنكسر والعمود باسـم زاوية الانكسـار . وقاس كيبلر هذه الزوايا فى حالات كثيرة ، واعتقد ان هناك نوعا من النسبية بينهما ، ولـكنه لم يصل الى العلاقة الحقيقية . لقد ترك لعـالم فيزياء هولاندى ، اسنيل (١٥٩١ ـ ١٦٢٦) أن يـكتشف انه فى حالة وجود وسطين مثل الهواء والماء يمكن أن يمر خلالهما الضوء فان نسبة جيب زاوية السقوط الى جيب زاوية الانكسار نسبة ثابتة . وهذه النتيجة هى المعروفة بقانون الانكسار .

ويمكن الآن دراسة انكسار الضوء وكذلك انعكاسه ، وتكوين الصور كذلك بواسطة المرايا والعدسات من وجهة النظر الهندسية ، اذ يعتبر الضـوء مجرد شىء يسـير فى خطـوط مستقيمة . ومن الطبيعى تماما بالنسبة لجميع المقاييس ولكل أغراض الحياة العلمية أن نعتبر مسـار الضوء فى خطوط مستقيمة ، ولكن هناك تأثيرات معينة للضوء ترينا أن هذا الفرض ليس صحيحا صحة تامة . وقد لوحظ بعض هذه التأثيرات فى القرن السابع عشر . فمثلا وجد عالم فيزياء ايطالى يدعى جريمالدى (١٦١٨ ـ ١٦٦٣) أن الظل الذى يتكون حينما تمر حزمة رفيعة جـدا من الأشعة بالقرب من الطرف الحاد لجسم يعترض مسارها يكون أكبر مما اذا سار الضوء فى خطوط مستقيمة تماما . ولاحظ هدبا ملونة عند حافة الظل . وهذه الظاهرة التى اصبحت تعرف بالحيود أثارت اهتماما كبيرا . ولكن لم يتيسر لهذه الظاهرة تفسير مقبول حتى القرن التاسع عشر .

ولاحظ هيجينز حقيقـة غريبة أخرى ، فقـد وجد أن الأشـياء التى ترى من خلال بلـورات معينة تظهر مزدوجـة . وحينما أجـرى تجارب مستعملا بلورة من حجر أيسلند وجد انه ينشأ عن شعاع ساقط شعاعان منكسران . وينطبق قانون الانكسار على أحد هذين وهو الشعاع العادى كما نسميه . أما الآخر فبما أنه يتبع مسارا مخالفا فان القانون لا ينطبق

---

(١) كثير المسـام (المترجم)

عليه . ويعرف هذا الشعاع الثانى بالشعاع غير العادى . ولاحظ هيجينز ان أحد هذين الشعاعين يمر خل بلورة ثانية من حجر ايسلند اذا وضعت هذه فقط فى اتجاه معين بالنسبة للأولى . وقد وصف هيجينز مشاهداته هذه فى كتاب عنوانه : بحث فى الضوء أخرجه عام ١٦٩٠ .

ولقد تناول نيوتن هذا الموضوع موضوع الانكسار المزدوج الذى يبين أن النتائج التى توصل اليها هيجينز تضطرنا الى أن نفترض أن أى شعاع مهما كانت حالته ناتج عن انكسار مزدوج يختلف عن الشعاع العادى بنفس الطريقة التى يختلف بها قضيب طويل قطعه المستعرض مستطيل عن قضيب قطعه المستعرض دائرة . ويقول نيوتن : وعلى ذلك فلكل شعاع جانبان متضادان لهما فى الأصل خاصية يتوقف عليها الانكسار غير العادى ، وليس للجانبين الآخرين مثل تلك الخاصية . وعلى ذلك رأى أن انكسار مثل هذا الشعاع المـار خلال احدى البلورات يتوقف على علاقة جوانبها بالبلورة نفسها .

ان اكتساب الجوانب لهذه الخاصية بواسطة شعاع من الضوء شبهه نيوتن باكتسـاب الأقطاب المغنطيسية بواسطة قطعة من الحديد . وهـذه الظاهرة أصبحت تعرف باسم استقطاب الضوء . وكانت دراسة هذه الظاهرة فيما بعد ذات أهمية قصوى فى كثير من فروع العلم . وحتى فى القرن السابع عشر أجبر هذا الكشف الناس على ان يكونوا بعض الآراء عن ماهية الضوء . وأدى بهم هذا الى تخيلات ذات طابع خلاب أدت بهم الى أبحاث أخـرى ، وكذلك الى ألغاز أكثر استعصاء . وقـد حلت بعض هذه الألغاز فى القرن التاسع عشر حينما تقدم علم الضوء تقدما كبيرا . ولكن مازالت هناك مشاكل لم تحل . وكان الكثير من نواحى التقدم مع ذلك راجعا لا الى تجميع الحقائق والأمثلة كمـا أراد بيكون للنـاس أن يعتقدوا ، بل بالأحرى الى قدرة تخيل الأشخاص الذين يتميزون بالنبوغ الذين اروا الباحثين الطريق الذى يسلكونه فى تجاربهم .

وكان المعتقد حتى القرن السابع عشر ان الضوء ينتقل فورا ، ولكن الأرصاد الدقيقة لفلكى دانيمركى يدعى رويمر (١٤٦٤ — ١٧١٠) أثبتت مع ذلك أن الضـوء يأخـذ وقتا معينا فى انتقاله . وكان هذا الكشـف المشهور نتيجة رصد رويمر لخسوف اقمار المشترى . وقد شـوهدت هذه الأقمار لأول مرة بواسطة جاليليو عام ١٦١٠ بالاستعانة بتلسـكوبه الجديد الذى صنعه . وأدى اسـتعمال رويمر للتلسـكوب الى كشف مدهش آخر .

ان فلك المشـترى اكبر بكثير من فلك الأرض . وتكـون الأرض فى مستوى واحد مع الشمس والمشترى مرتين فى السنة : مرة تكون الأرض بين الشمس والمشترى ، وفى المرة الأخرى تكون الأرض والمشترى على

جانبين متقابلين للشمس . وعلى ذلك ففى هذا الوضع الثانى لابد للضوء القادم من المشترى الى الأرض أن يقطع مسافة اضافية مساوية لقطر فلك الأرض • ولاحظ رويمر حينئذ أنه فى احدى أوقات السنة كانت أوقات الكسوف تسبق أوقات الكسوف التى تقع فى الأوقات المتوسطة • وفى فترة أخرى تقع متأخرة عن أوقات الكسوف فى الفترات المتوسطة بمقدار ثمانى دقائق • وقد فسر رويمر هذه الظاهرة تفسيرا صحيحا بقوله انها ترجع الى المسافة الاضافية التىعلى الضوء أن يقطعها •وعلى هذا قدر السرعة ب ١٩٢٠٠٠ ميل فى الثانية • ومما يدعو الى الغرابة أن الناس ظلوا طويلا يعتقدون أن الضوء ينتقل فورا • وقد وجدت طرق أحسن لتقدير سرعة الضوء بعد العصر الذى عاش فيه رويمر بوقت طويل ، ولكن كشفه اتى بالضبط فى الوقت المناسب حينما كان رجال العلم ينعمون الفكر باحثين عن ماهية الضوء .

واثناء هذه الفترة كلها كان رجال الفكر فى جميع انحاء أوروبا واقعين تحت تأثير أفكار ديكارت • وكان الكون ـ طبقا لفلسفته بما فى ذلك الاقليم الواقع بين الشمس والنجوم الذى نسميه الفضاء ـ مملوءا بمادة متصلة بحيث لا يمكن أى شىء من التحرك دون أن يأخذ مكان شىء آخر • وفى مثل هذا العالم المعبأ تعبئة محكمة تؤثر حركة أى جزء فى الأجزاء القريبة منه ، ويمكن أن تنتقل لأجزاء أخرى . ويمكن أن نتخيل هذا بالضبط كارتجاف يمر خلال هلال هائل . وتصور ديكارت أيضا أن هذه المعادة المتصلة تكونت منها دوامات حينما خلق الكون ، وأن الأرض والكواكب الأخرى تدور فى دوامة هائلة مركزها الشمس .

وتتوقف الطريقة التى يفسر بها الناس الطبيعة على الكيفية التى تعودوا التفكير بها . وحينما كان الناس واقعين تحت تأثير أفكار ديكارت اعتادوا أن يفكروا فى هذا تفكيرا يتلاءم مع نظرية المادة المتصلة ، أو الوسط . ونتيجة لذلك فحينما ادت المشاهدات بالناس الى آراء تكونت خبط عشواء عن ماهية الضوء ظن الكثيرون أنه لابد أن يكون شيئا له علاقة بهذا الوسط الشامل . وعلى ذلك كان من راى هوك أن الضوء كان يرجع الى تحرك هذا الوسط حركة سريعة ذهابا وايابا . ولقد توسع هيجينز فى هذه الفكرة حتى كون منها نظرية جميلة جدا يفسر بها انعكاس الضوء وانكساره ، والانكسار المزدوج لبعض الباورات بفرضه أن الضوء يعود الى تتابع تحركات منتظمة فى هذا الوسط ، أو بمعنى آخر الى تحركات تموجية . ولكن النظرية الموجية هذه كما أصبحت تدعى لم يتقبلها كثير من رجال العلم فى ذلك الوقت . وكانت الصعوبة الرئيسية فى سبيل النظرية الموجية تفسير تكوين الظلال الحادة . وكانت حركة التموج المألوفة التى تحدث عندما يلقى بحجر

فى بركة ماء تدل على أن الاضطراب التموجى ينتشر فى جميع الجهات. وعلاوة على ذلك فاذا قابلت الأمواج المنتشر عقبة فى ماء ساكن ، فان المـاء فيما وراءها يبدأ فى التحرك . وبمعنى آخر فان الموجات تنحنى حول العائق ولا تلقى ظلا حادا . وحتى ذلك الوقت لم يكن أحد قد توصل الى تفسير لتجربة جريمالدى . ولذلك اعتقد الناس ان انتشار الضوء فى خطوط مستقيمة انما هو حجة قوية ضد النظرية الموجية .

وقد وجد بديل لفكرة الموجات ، وكان هذا البديل هو الفرض القائل بأن الضوء يتكون من سيالات من جسيمات دقيقة ، أو كريات كما كانت تدعى . ولا يمكننا الدخول فى تفصيلات اى من نظرية الجسيمات او النظرية الموجية . انه من الواجب هنا أن نكتفى بأن نقرر أنه نتيجـة للنظرية الأولى من اللازم انتقال الضوء فى وسط كالماء بسرعة أكثر من انتقـاله فى وسط كالهواء . ومن جهة أخرى فطبقا للنظرية الموجيـة يجب أن ينتقل الضوء فى الماء بسرعة أقل مما ينتقل فى الهواء . وفى القرن التاسع عشر ثبت بواسطة التجربة أن السرعة فى الماء أقل منها فى الهواء ، وبذلك تأكدت صحة الحجج التى تساند النظرية الموجية. وزيادة على ذلك كان قد تبين قبل ذلك أن الحيود راجع الى انتشـار مويجات دقيقة من الضوء . ان تكوين الظلال والانتقال الظاهرى للضـوء فى خطوط مستقيمة تماما رؤى حينئذ انه نتيجة الحجم الهائل للأشـياء العادية اذا قورن بطول الموجة الضوئية .

ومع ذلك ففى الوقت الذى أخرج فيـه هيجينز النظرية الموجية لم يكن هذا الدليل ميسورا . ولم يكن لدى رجال العلم أجهزة حساسـة بدرجة تكفى لقياس سرعة الضوء فى المعمل . وعلى ذلك كان لا بد من اجراء التجارب الحاسمة بالنسبة للسرعة فى المـاء والهواء . ونتيجـة لذلك كان الناس المعضدون لآراء هيجينز وآخرون غيرهم فى صف نظرية الجسيمات . وحاول نيوتن تحاشى كل التخمينات . لقد عارض النظرية لمبورات كانت تبدو وجيهة جدا فى عصره ، ولكنه لم يربط نفسه دون تحفظ بالنظرية المنافسة . والحقيقة أن نيوتن وضع آراءه على هيئـة أسئلة استفهامية . وأصبح فى سنيه الأخـيرة يميل أكثر الى نظرية الجسيمات عما كان عليه قبلا . ومع ذلك فقد قدم اقتراحاته بتواضعه الذى اتسم به قائلا ان الأمر محتاج الى مزيد من التجارب قبل الوصـول الى أية قرارات نهائية . وعلينا الآن أن نستعرض قليلا من المساهمات الأخرى التى أسهم بها نيوتن فى دراسة الضوء .

٦ ـ ما قام به نيوتن فى علم البصريات

حينما كان نيوتن مازال طالباً فى الجامعة اعتاد أن يصقل عدساته ويصنع تلسكوباته • ومع ذلك فقد تضايق كثيرا من الهدب الملونةالتى كان يراها الانسان حينما كان ينظر الى الأشياء من خلال مجموعة من العدسات • ولقد درس مرور الضوء خلال منشور ، انكسار الضوء فيه أبسط من انكساره حين يمر فى عدسة ، وكان يرمى بذلك الى الكشف عن حقائق أكثر عن هذه الهدب الضوئية •

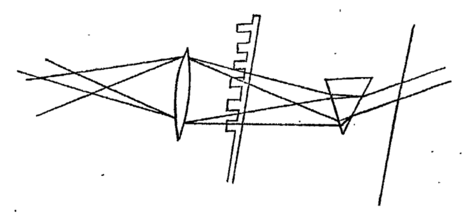
وكان نيوتن شابا فى الثالثة والعشرين من عمـــره حينما أحضر منشورا لاجراء تجارب على لون الضـــوء • ويقول : بعد أن أظلمت حجرتى ، وثقبت ثقبا صغيرا فى مصراع النافذة ليسمح بدخول كمية مناسبة من ضوء الشمس ، وضعت منشورا عند مسقط الضوء ليمكن بذلك انكساره على الحائط المقابل • وقبل وضع المنشور فى مكانه رأى نيوتن بقعة بيضاء على الحائط • ولكن بعد وضع المنشور فى مسار الضوء رأى حزمة من الضوء الملون عرضها عرض نقطة الضوء خمس مرات ، وفى موضع مخالف على الحـائط • وقد ميز سبعة ألوان رئيسية ــ أحمـر ، وبرتقالى ، وأصفر ، وأخضر ، وأزرق ، ونيلى ، وبنفسجى •

وعندئذ سأل نفسه كيف أن الحزمة الضيقة من النور الأبيض قـد تشتت هكذا الى حزمة ملونة • أكان هذا بسبب مرور بعض من الأشعة خلال حيز زجاجى أقل ، ولذلك كان انحناؤه أقل ؟ لقد وضع فرضـه هذا موضع الاختبار بامراره الحزمة الاشعاعية (أولا) بالقرب من رأس المنشور و (ثانيا) بالقرب من القاعدة • وحصل فى كلتا الحالتين على جزمة ملونة كان طولها نفس الطول كل مرة • وكانت فى هذه الاجابة الحاسمة على سؤاله الأول • وبعد ذلك سأل نفســه اذا كانت تلك الألوان متسببة عن عيوب فى زجاج منشوره • ولذلك أجرى تجـــارب مستعينا بمنشورات من زجاج أصفى وصقل أوفى • ولكنه كان دائمـا يحصل على حـــزمة ملونة مماثلة أو طيف • بعد ذلك أجرى تجارب مستعينا بمنشور مكون من لوحات زجاجية لصقت بعضها ببعض على هيئة منشور ملأه ماء • ان اللوحات الزجاجية لم تؤد بنفسها الى ايجاد طيف • ولكن الماء فى الاناء المشكل على هيئة منشور أوجد طيفا بالضبط كما حدث مع المنشور المصنوع من زجاج أصم •

وعلى هذا فقد كان نيوتن يضيق حدود المشكلة • وكانت النتائج التى وصل اليهــا تبين أن اللون كان راجعا الى انكسار الضــوء ، وأن الضوء ذا الألوان المختلفة يتعرض لمقادير انكســار مختلفة • ومع ذلك فقد واصل تجاربه فعزل الأشعة ذات اللون الخاص على قدر المستطاع

باستقبال الطيف لا على حائط بل على شاشـــة ثقب بها ثقب ابرة • وعندئذ جعل حزمة الضوء الأحمر أو الأخضر تسقط على منشور ثان • وبذلك قاس مقدار تحويل هذا المنشور الثـــاني للحزمة الملونة عن مسارها • وأجرى تجارب على كل لون بدوره ، قائســا الزوايا فى كل حالة ، ووجد أن الألوان المختلفــة تنكسر بدرجات مختلفــة ، ويزداد الانكسار باستمرار ابتداء من الأحمر الى البنفسجي •

واستعمل نيوتن بعد ذلك عدسة محدبة ليجمع ضوء الطيف المشتت فى بؤرتها بحيث يصير حزمة ضيقة جدا ، ووضع شـيئا شبيها بالمشط بين المنشور والعدسة بحيث كانت أسنان المشط تعترض جزءا من الطيف قبل أن يصل الى العدسة (شكل ٢١) •



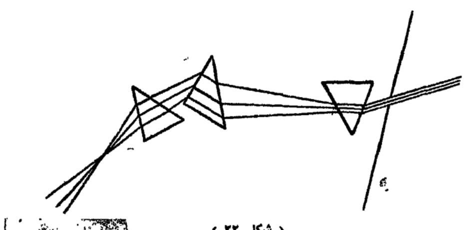
(شكل ٢١)

جهاز نيوتن لاعتراض أجزاء من الطيف واعادة تكوين الباقى

وبتحريك المشط درجة بسيطة الى الأمام والخلف لاحظ أن بقعـــة الضوء عند بؤرة العدسة قد مرت خـلال تدرج لونى جميل • وحينمـا أزاح المشط أعادت العدسة تكوين الطيف الى بقعة بيضاء ذات أثر لونى بسيط عند أطرافها • وفى مناسـبة أخـرى أعاد تكوين ألوان الطيف باستعمال ثلاثة منشورات • ان التحليل الى الألوان أو تشتت الضوء الذى حدث بواسطة المنشور الأول عكس بواسطة المنشورات الأخرى ، وبذلك تحصل على النـور الأبيض مرة أخرى (شـكل ٢٢) وكذلك حصل نيوتن على طيفين بجعل حزمتين من ضوء الشمس تقعان عـلى نفس المنشور • ويتكون اللون الأبيض حيث يتداخل هذان بعضهما فى بعض • ومن هذه التجارب وغيرها شعر نيوتن أنه على صـــواب فى استنتاجه أن كل الألوان فى الكون التى يتسبب الضوء فيهـا تكون اما ألوان أضواء متجانسة(١) أو مركبة من هذه الألوان •

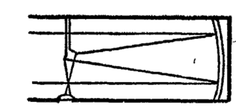
---

(١) يعني بذلك الألوان المتجانسة أو النقية للطيف •



(شكل ٢٢)
جهاز نيوتن لأعادة تجميع الوان الطيف

وبعد ذلك عاد نيوتن الى مشكلته الأصلية وهى الهدب الملونة التى تتكون حينما يمر الضوء خلال مجموعة من العدسات كما هى الحال فى التلسكوب • وحيث انه كان مدركا أن الانكسار يحدث تشتتا ، فقد ظن أن الهدب الملونة التى ترى خلال التلسكوبات لا يمكن تجنبها اطلاقا • ولذلك استغنى عن العدسات قدر المستطاع ، ووضع تصميم تلسكوب به مرآة كبيرة محدبة قليـلا ، أو عاكسة تجعل الضـوء القادم من السماء يتجمع فى بؤرة • ثم استقبل هذا الضوء المتجمع على مرآة مستويةصغيرة، واتخذت الصورة المرئيـة بواسطة العدسة العينيـة مكانا لها على جانب التلسكوب العاكس (شكل ٢٣) •



(شكل ٢٣)
تلسكوب نيوتن العاكس
هذا الشكل ماخوذ عن الشكل الموجود فى كتاب علم البصريات لنيوتن (الطبعة الرابعة ١٧٣٠)• وقد استعمل بدلا من المرآة المستوية منشورا قائم الزاوية ليقوم بعملية الانعكاس الثانى

وأهدى نيوتن احدى تلسكوباته للجمعية الملكية • وسرعان ما صار استعمال مثل تلك الآلات العاكسة عاما(١) وأدخلت عليهـــا مزيد من

(١) كان يبلغ طول التلسكوبات فى القرن السابع عشر ١٠٠ قدم فى الغالب ، وذلك لتقليل متاعب اللون • ومن الممتع أنه حينما ووجه كريستوفررين المتعدد نواحى النبوغ باقتراح جعل برج توم فى آكسفورد «رصدا» ، رفض العرض • وذلك لان اقامة تلسكوبات بهذا الطول على قمة برج أمر غير عملى • وكان زيادة على ذلك يعلم أن جميع الأبراج فى عصره كانت غير ثابتة • وكان يعلم كمهندس معمارى ان مثل هذا التحويل لبرج توم سيكون من شأنه أن يجعل البرج يفقد فخامته •

التحسينات التى جعلتها لا غنى عنها للأرصاد الفلكية • وقد وجد بعد زمن نيوتن أنه من الممكن تجنب المتاعب الراجعة الى اللون أثناء مرور الضوء خلال العدسات باستعمال مجموعة من العدسات مصنوعة من أنواع مختلفة من الزجاج بحيث تبطل احداها ما تحدثه الأخرى من التشتت ، ولكن ذلك الانكسار الحادث من مجموعة من العدسات كان كافيا لأن يعطى الصورة المطلوبة • ومثل هذه التجميعات العدسية يطلق عليها الآن التجميعات اللالونية ، أو التجميعات أو العدسات الأكروماتية •

وقد أدت تجارب نيوتن فى التشتت الضوئى الى تفسيره ذلك الطيف الموجود فى السماء المسمى قوس قزح • لقد قام رئيس أساقفة سبالاتو بمحاولة جريئة لتفسير قوس قزح • ومن المظنون أن هذه المحاولة دفعت نيوتن الى معالجة المشكلة • ورأى نيوتن أن ألوان قوس قزح كانت ناتجة لا من مجرد انكسار الضوء عند انتقاله خلال قطرات المطر فحسب ، بل أيضا الى انعكاس الضوء داخل القطرات نفسها • وبهذه الطريقة علل بطريقة مرضية تكوين كل من القوسين الابتدائى والثانوى •

وعلى ذلك فحتى سحر قوس قزح تناوله تفسير القانون العلمى • ولكن استمتاعنا بهذا مثله مثل استمتاعنا بغيره من مباهج الطبيعة قد ازداد بدلا من أن ينقص بالنظرة العميقة التى أسبغها العلم عليه • والحقيقة أننا كلما لاحظنا الطبيعة وجدنا سبلها أشد تعقيدا • وفى بعض الأحيان نجد بين الآثار المختلفة علاقات تكشف عن توافقات لم نكن نحلم بها قط من قبل • ولكننا باستمرار كلما كشف لنا لغز عن أسراره ، تفتحت ألغاز أخرى أمام أعيننا المتعجبة •

٧ ـ انتشار فلسفة نيوتن

ان نظريات نيوتن فى الضوء واللون أدخلته فى مجادلات ممقوتة • وامتدت تجاربه عشرين عاما ، ولكن لم تنشر أول طبعة من كتابه فى البصريات حتى ١٧٠٤ ، وصدرت طبعة رابعة منه سنة ١٧٣٠ بعد وفاته بثلاث سنوات • وتتضمن هذه الطبعة أسئلة استفهامية أكثر مما تضمنته الطبعة الأولى ، اذ أدرك نيوتن أن ما قد تعلمه كان أداة فقط لتريه كم تبقى أمامه من أمور كثيرة أخرى فى حاجة الى الكشف •

وعلى الرغم من أهمية بحوث نيوتن فى الضوء ، الا أن انجازاته الفذة العظيمة فى الجاذبية بزتها ، وألقت ظلالا عليها • وبصرف النظر عن قيمة هذا العمل لرجال الرياضيات ، فانه حول أذهان جميع رجالات الفكر الى مسالك جديدة • ولكن كان على الناس قبل أن يقدروا تعاليم نيوتن أن يتنازلوا عن تمسكهم بنظام ديكارت • ولم تكن فلسفة ديكارت

قد تأصلت جذورها اطلاقا فى الأرض الانجليزية • وقد تكون أحد أسباب هذا أن أعظم العقول المستقلة النشطة مثل بويل ، وهوك ، ورين كانوا أكثر ولوعا بالتجريب منهم بالنقاش • ويخبرنا بويل بالفعل آنه على الرغم من اعترافه بديكارت وبيكون كزعماء له ، الا أنه لم يقرأ مؤلفاتهما قراءة جدية لكى لا يشغل باله بأية نظرية أو بأية مبادىء قبل أن يكون لديه من الوقت ما يجعله يبحث الأشياء بنفسه • وبسبب هذا الاختلاف فى الاتجاه بالاضافة ــ كما ذكر سالفا ــ الى أن الديكارتية لم تكن وطيدة الأركان فى انجلترا كما كانت فى القارة ، كان أمام فلسفة نيوتن فرصة أفضل ليتقبلها الناس فى انجلترا •

ولقد كرم نيوتن من جامعته ونصب فارسا بواسطة الملكة آن ، وسرعان ما عرف مواطنوه قيمة عمله • وبعد سنين قليلة من نشر كتاب « أصول الأشياء » ألقيت محاضرات عامة فى فلسفة نيوتن ــ أولا فى أدنبره ثم فى لندن • وبذلت محاولات لتعريف النشء بمبادىء نيوتن • ونقرأ عن أكاديميات للسادة الصغار حيث أضيفت رياضيات وفلك نيوتن الى البرامج الدراسية • وفى السنين الأولى للقرن الثامن عشر بدأت تظهر مذكرات فى فلسفة نيوتن فى الأبحاث الفرنسية • ولكن الفلسفة النيوتونية لم ترج فى القارة الا بعد رجوع فولتير الى فرنسا بعد زيارته لانجلترا • وبذلك حل محل نظام ديكارت الفيزيائى بوسطه المتصل ودواماته المادية المتحركة نظام نيوتن الأبسط بكثير والأكثر شمولا •

٨ ــ القانون العلمى

ان فكرة القانون التى ظهرت بوضوح فى انجازات نيوتن كانت آخذة فى النمو طوال القرن السابع عشر • انها امتدت امتدادا كبيرا الى ما وراء صفوف رجال العلم ، وغيرت طابع التفكير لدى جميع الناس • لقد غيرت لغة الكتابات السياسية بأكملها • وبدأ الناس يستعيرون من العلم تعبيرات ويستعيرون أفكارا كذلك ، مثل الموازنة ، والتوازن ، وهكذا التى ظهرت فى مؤلفات عن النظرية السياسية • وبدأ الناس يطبقون طرق القياس فى الأمور الحكومية • وعلى ذلك فقد نشأت بالفعل فى القرن السابع عشر مبادىء العلم الذى نعرفه اليوم بعلم الاحصاء الحيوى • ويظهر تطبيق الطريقة العلمية على المشاكل البشرية فى مؤلف لجريشيس (١٥٨٣ ــ ١٦٤٥) فى القانون الدولى ، استنتج فيه من مجموعة كبيرة من المناقشات والأمثلة بعض مبادىء عامة بسيطة • وقد أثر هذا الكتاب فى الفكر السياسى الأوربى ، ومن ثم ، أثر عن طريق التشريع ، فى حياة كثير من الناس •

وقد أوجد التعرف على أحداث الطبيعة التى تتم طبقا لسنن منسقة اتجاها أكثر تعقلا فى الحياة العادية للناس ، فقد كان الناس فيما مضى يعتقدون فى التأثيرات المعجزة • كان الفلاح يلقى اللوم على بعض القوى الحاقدة عندما كانت تهب عاصفة تدمر محاصيله • وكانت زوجته تعتبر قوى الشر مسئولة عن فساد هلامها • وكان معظم الرجاء والنساء فى جميع أنحاء أوربا لا يزالون يعتقدون فى الساحرات فى بدء القرن السابع عشر • وتنافس الكاثوليك والبروتوستانت مع بعضهم البعض فى تعذيب واحراق أولئك التعساء الذين اتهموا بالشعوذة • كان هذا العصر من أظلم عصور التاريخ البشرى • ومع ذلك فبعد مائة عام بدا أن هذا الاضطهاد قد توقف فجأة • وفى أوائل القرن الثامن عشر ألغيت القوانين التى تحرم السحر فى مختلف الممالك • فما سبب هذا ؟ ان الانسان لم يصبح فجأة أكثر رحمة ، ولكنه أصبح أكثر تعقلا فقط • لقد علم العلم الانسان قبل هذا الوقت حدود سيطرته على الطبيعة • ونتيجة لذلك أدرك أن توجيه اللوم الى مخلوق زميل لحسده ماشيته ، أو تسببه فى محاصيل رديئة انما هو مجرد غباء • وعلى ذلك توقف الاضطهاد من أجل الشعوذة ـ وبما أن العلم علم الانسان أيضا شيئا من القوانين ، وشيئا عن ضخامة الكون ، فان الاعتقاد القديم فى التنجيم ـ تحكم الكواكب فى مصائر البشر ـ مات موتة طبيعية •

وادراك الانسان أن هناك قانونا بسيطا تسير السموات والأرض بمقتضاه حرر الانسان تدريجيا من مخاوف خرافية أخرى • فمثلا ظلت المذنبات تعتبر زمنا طويلا نذرا لداهية دهياء • ولكن فى ختام القرن السابع عشر حسب هالى (١٦٥٦ـ١٧٤٢) صديق نيوتن مدار مذنب ، وتنبأ بعودته عام ١٧٥٧ ، وأجرى تقديراته طبقا لمبادىء الجاذبية • ومما أثار دهشة الدنيا المتعجبة أن المذنب ظهر فى ميعاده فى الوقت المتنبأ به • وقد دعى بمذنب هالى •

وفى القرن التاسع عشّر أيضا فى فترة تقدم فيها الفلك تقدما ملحوظا اكتشف جون كوتش آدمز (١٨١٩ ـ ١٨٩٢) ، وايرين ليفرير (١٨١٦ ـ ١٨٧٧) الفلكى الفرنسى الكوكب نبتون ، وكان كل منهما يعمل مستقلا عن الآخر • وقد لاحظ تباينات بين المواقع المشاهدة لكوكب يورانوس ، والمواقع المحسوبة طبقا لقانون الجاذبية • واستنتج كل من هذين الباحثين أن يورانوس لا بد أن يكون مجذوبا بواسطة كوكب ما بعيد جدا لم يشاهده انسان حتى ذلك الوقت • ونتيجة لذلك قاما بحساب المكان الذى كان لا بد أن يقع فيه مثل هذا الكوكب بحيث يحدث التباينات التى شاهداها • وأرسل آدمز الى رجال الأرصاد فى كيمبردج مبينا لهم في أي أقاليم السماء ينبغي عليهم أن يبحثوا عنه • وأرسل ليفريير نتائجه

لمساعد له فى برلين • وقد كان آدمز هو الأسبق فى تقديراته ، ولكنه كانت هناك فى برلين خرائط نجمية أفضل من التى فى كيمبردج حتى أن الكوكب الجديد شوهد لأول مرة فعلا من برلين ، واكتشف فى المكان الذى حددته النظرية • وقد أصبح هذا الكشف الذى اعتبر نصرا لنظرية الجاذبية فى حيز الامكان بواسطة التلسكوبات التى أدخلت عليها تحسينات هائلة والتى كانت ميسورة فى ذلك الوقت وبواسطة رسم الخرائط للسموات الذى تجلت فيه الأناة والجلد والذى أخذ يخطو قدما بخطى منتظمة منذ عصر نيوتن •

ومنذ اثبات قانون الجاذبية لأول مرة أخذ رجال العلم يواصلون البحث • وكانوا يجدون دوما أمور الطبيعة تسير طبقا لسنن ثابتة • وأصبحت هذه معتبرة كنظريات عامة أو قوانين بسيطة وبدلا من المناقشة والتبويب كما كان الأمر فى العصور الوسطى أصبحوا يشاهدون ويقيسون ويحسبون • وبمجرد أن سيطر هذا الاتجاه الجديد على خيال الناس أصبح تقدم العلم أمرا لا شك فيه • ان القصة هى قصة أخطاء ومشقة وحنين ، قصة كد عسير ، ولكنها قصة تقدم مستمر يبدأ أحد النابغين من حيث ينتهى الآخر • يكرس أحدهم حياته للبحث المعملى ، ويستعمل الآخر ما توصل اليه الباحثون من نتائج لفائدة البشر • وعلى ذلك فان العلم يزدهر ويتجدد على الدوام •

الفصل السادس

العلم في.. الثورة الصناعية

ان نواحى التقدم العلمى الهائل فى القرن السابع عشر كان راجعا الى فئة قليلة من زعماء الفكر ، ولم تتل اكتشافاتهم العظيمة اختراعات مدهشة على الفور . وأنه لصحيح انه كانت هناك تطبيقات معينة للعلم فى بعض مشاكل الحياة اليومية بواسطة رجال العلم ذاتهم . فمثلا أتقن هيجينز صناعة ساعة للبندول ، وصمم الزنبرك الذى استعمل فيما بعد فى ساعات الجيب . واخترع رين كثيرا من الآلات ذاتية التسجيل ذات جهاز مكون من عجلات مسننة وتروس وزنبركات. وكانت تتم التسجيلات فيها بشكل مستمر بواسطة قلم يتحرك فى أسطوانة دائرة . وكان أيضا أول من اقترح استعمال البارومتر فى التنبؤ بالجو . ومع ذلك كانت الاختراعات التى تمت فى القرن السابع عشر قليلة بالنسبة للنشاط العلمى العظيم لتلك المدة . ومن جهة أخرى كان القرن الثامن عشر فترة تدعيم للمعرفة العلمية أكثر مما كان فترة اكتشافات مثيرة ، ولكنه كان قرنا اشتهر باختراعاته .

وكان هناك من الطبيعى تحسينات فى صناعات القرن السابع عشر، حيث أن الصناع المهرة كانوا على الدوام يفيدون من تجربتهم . ولكنهم كانت تنقصهم المواد اللازمة لانشاء آلات ذات أثر فعال . وكانت تتكون مثل تلك الآلات التى وجدت حينئذ كمكنات النشر ، والأجهزة الميكانيكية الصغيرة مثل ماكينة التريكو ، ونول الأشرطة غالبا من خشب يرتبط بأجزاء معدنية . ولكن الخشب كان بالطبع غير مناسب اطلاقا للآلات التى يجب أن تكون مقاومة للحرارة ، أو التى يلزم أن ينزلق فيها جزء بسهولة داخل جزء آخر . ونتيجة لذلك فان الآلات التى من النوع المألوف لنا اليوم كانت ممكنة فحسب بعد أن وقف الناس على طرق فعالة للاستفادة من المعادن . وفوق ذلك كان يتطلب التحكم فى مثل تلك الطرق معرفة بالكيمياء . ولذلك فعند تتبعنا لأثر العلم فى التغيير العظيم الذى حدث فى

السنين الأخيرة من القرن التاسع عشر والمعروف بالثورة الصناعية يجب أن نبدأ البحث عن كيفية توصل الانسان لاستخدام الحديد ، وهو أنفع المعادن كلها وأكثرها ذيوعا ٠

١ ـ الحديد والصلب

لا يوجد الحديد نقيا فى الطبيعة ، ولكنه يوجد دائما متحدا بعناصر أخرى (١) . انه يوجد غالبا متحدا مع الأكسجين على هيئة اكاسيد ٠ وكان استخلاص الحديد من خاماته أمرا معروفا منذ الماضى السحيق ٠ وقد بقيت الطرق التى كانت تتناسب فقط مع كميات صغيرة من الخامات النقية هى هى لم تتغير لمئات من السنين ٠ وكانت الطريقة المستعملة فى القرن السادس عشر تتلخص فى وضع طبقة من الفحم النباتى فى بوتقة قليلة الغور واسعة فى موقد فى الخلاء تتأجج فيه نار حامية ٠ وكان يغطى الفحم النباتى بعد ذلك طبقة من الخام المجروش مخلوطة بقليل من الجير ، ثم تضاف بعد ذلك طبقة أخرى من الفحم النباتى ، ثم طبقة من الخام ،وهكذا٠ وكان المخلوط يسخن تسخينا شديدا بنفخ النار بمنافيخ ٠ وكان هذا من شأنه رفع الحرارة الى درجة تكفى لجعل الفحم النباتى يتحد مع اكسجين الخام تاركا حديدا (لوحة رقم ١٥)(٢) ٠

وكانت طريقة استخدام نوع من الكربون فى تسخين الخام تستعمل منذ ذلك الحين مع تحسينات فى التفاصيل عند استخدام كميات كبيرة ٠ وكان المعدن الذى يتحصل عليه بهذه الطريقة يحتوى دائما على كربون خالص وكذلك كربون متحد بالحديد ٠ وهذا من شأنه اعطاء الحديد خواصه التى يتميز بها ٠

ويمكن انسيابه وهو منصهر الى قوالب ٠ وحيث انه يتمدد حينما يتصلب فان القالب يمتلىء به امتلاء محكما ٠ ولذلك فحينما يؤخذ هذا الحديد المسبوك يترك وراءه طبعة واضحة ، ويعرف مثل هذا الحديد بالحديد الزهر ٠ ويمكن الحصول على نوع من الحديد أنقى من ذلك بكثير بالتخلص من الكربون فى الحديد الزهر بواسطة أكسدته ٠ ويمكن تشكيل هذا الحديد بسهولة عندما يكون ساخنا بواسطة الطرق ٠ وهذا الحديد هو المعروف بالحديد المطاوع ٠ وقد استعمل زمنا طويلا للأغراض الزخرفية، فالأبواب الزخرفية الجميلة لمبنى القساوسة فى دير وستمنستر مثلا مصنوعة من حديد مطاوع يرجع تاريخه الى القرن الخامس عشر ٠

---

(١) لايوجد فى الطبيعة حديد نقى الا الحديد المتخلف عن الشهب والنيازك (المترجم)

(٢) هذه الطريقة موضحة فى مؤلف لجورج أجر يكولا (بازل ١٥٥٦)

ويقع الصلب فى درجة وسطى من النقاوة بين الحديد الزهر والحديد المطاوع مباشرة • وهو يتكون من حديد وكربون وآثار من عناصر أخرى • وقد ظل الصلب يصنع مدى قرون بتسخين الحديد المطاوع مع الفحم النباتى ، وبعد ذلك تقسى الكتلة الملتهبة بالماء • وبهذا يكتسب المعدن صلابة وقوة عظيمتين ، ويكون فى الاستطاعة شحذه وعمل شفرات حادة منه • ولذلك كان يستعمل لصناعة أنصال السيوف ، وكانت صناعتها فنا دقيقا • وتوجد قصص الأبطال الذين يصنعون سيوفهم المظفرة فى القصص الشعبية لكثير من الأقطار • ويرينا هذا قدم مثل تلك الطرق •

وازدهرت صناعة الحديد أيام الملكة الياصبات فى الجزء الجنوبى الشرقى من انجلترا • وكان يحصل على الفحم النباتى اللازم لصهر الخام من الغابات القريبة • ولكن الخشب كان مطلوبا كذلك لبناء السفن وللبيوت ، ولذلك أصبح من الضرورى الحد من اتلاف الغابات عن طريق التشريع • وعلى ذلك فكلما نمت صناعة الحديد كان على الناس أن يبحثوا لهم عن بديل للفحم النباتى ، وقد وجدوا هذا فى فحم الكوك وهو نوع من الكربون يتخلف بعد تقطير المواد القابلة للاشتعال بسهولة من الفحم• وشاع استعمال الكوك فى صناعة الحديد حوالى منتصف القرن الثامن عشر(١) • وكانت أسهل الأماكن التى يتيسر فيها الحصول على الكوك هى طبعا الأماكن التى تقع بجوار مناجم الفحم ، وذلك توفيرا لتكاليف نقل الكوك • وفى انجلترا توجد رواسب الحديد الطبيعية قريبة من رواسب الفحم ، ولذلك ازدهرت صناعة الحديد بسرعة • وأقيمت أفران أحسن ، وأوجدت طرق لتطريق الحديد الى صحائف • وسرعان ما أنتج الحديد الزهر والحديد المصفح بكميات كبيرة • وفى منتصف القرن الثامن عشر أقيمت أول قنطرة صنعت من الحديد الزهر فى كولبروكدال فى منطقة شروبشير ، واستعملت القضبان الحديدية لتجرى عليها عربات النقل المستعملة فى المناجم بدلا من القضبان الخشبية التى كانت مستعملة الى ذلك الوقت . وكان كل شىء معدا لانتاج الآلات الحديدية بمجرد انتهاء المخترعين من وضع تصميماتها • وكان لا بد أولا من حدوث تقدم فى صناعة المعادن •

---

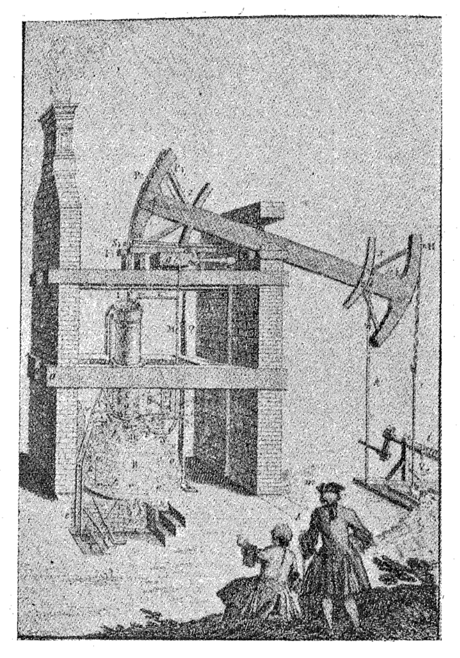
(١) وفى الفترة التى تخللت هذا أدخلت عدة تحسينات على صهر الحديد وكان مصدرها أجزاء مختلفة من القارة ، وعلى الأخص مملكة الوالون (الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية من بلجيكا والأقاليم المجاورة من فرنسا)

لوحة رقم ١٥



صهر الحديد

من لوحة خشبية لاجريكولا بخصوص الاشياء المعدنية ، بازل عام ١٥٥٦



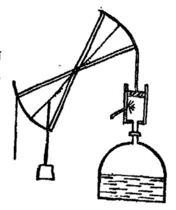
آلة بخارية قديمة لرفع الماء ، من نقش عام ١٧٤٧

٤ ـ الآلات البخارية

كانت هناك محاولات كثيرة سابقة لاستعمال البخار في القيام بالعمل الميكانيكى ـ وبمعنى آخر لصناعة آلة بخارية ٠ وكانت المعلومات العلمية اللازمة لصناعة آلة بخارية معروفة بالفعل معرفة جيدة فى ختام القرن السابع عشر ٠ ونتج عن ذلك ان كان الناس على دراية بالضغط الجوى، وعرفوا كيفية الحصول على ضغط منخفض أو ما يسمى « فراغا » بطرد الهواء بواسطة البخار ، ثم بتكثيف البخار بعد ذلك بالتبريد ٠ وبجانب تلك الطرق العملية كانت هناك أيضا بعض المعلومات عن النظرية المنطوية على هذا ٠ وعلى ذلك فحص بويل العلاقة بين حجم الغاز ، والضغط الواقع عليه فى الأيام الأولى للجمعية الملكية ٠ ولكن على الرغم من أن المعلومات الأساسية كانت ميسورة ، فقد مضى وقت طويل قبل أن تحل آلات أكثر كفاية ويمكن أن تكون ذات نفع حقيقى للانسان محل الآلات الأولى الثقيلة الحركة (لوحة ١٦) ٠

واتخذت الخطوة الأولى الهامة بواسطة توماس نيوكومين (١٦٦٣ ـ ١٧٢٩) أحد أهالى دارتموث ، وكان يعمل فى تجارة الحديد ٠ وقد تبودلت بين نيوكومين وهوك خطابات وقف بها نيوكومين على المناقشات التى كانت تدور بين الزملاء فى الجمعية الملكية عن امكانية ايجاد آلات بخارية ٠ وبعد محاولات عديدة صنع نيوكومين آلة ضخ بسيطةاستخدمت بسرعة فى رفع الماء من مناجم الفحم ، وكانت مشكلة ملحة فى تلك الأيام٠ وكانت آلة نيوكومين تتكون من غلاية ومكبس يتحرك داخل أسطوانة كما هى الحال فى مكبس منفاخ الدراجة ٠ ولكن بينما يتحرك هذا المكبس الى أسفل والى أعلى باليد ، كان المكبس فى آلة نيوكومين يندفع الى أسفل بواسطة الضغط الجوى ٠ كان الهواء يطرد أولا من الأسطوانة بواسطة البخار ، وبهذا يدفع الأسطوانة الى أعلى ، ثم ينقطع سيل البخار وتبرد الأسطوانة برشها بالماء ٠ وبذلك يتكثف البخار ويقل الضغط داخل الاسطوانة ٠ ونتيجة لذلك يدفع ضغط الهواء الأكبر فى الخارج المكبس الى أسفل وبهذه الطريقة كانت تعمل المضخة كما يتضح من الشكل (شكل ٢٤) ٠

وكان لا بد فى الآلات الأولى لنيوكومين أن تفتح وتوصد الصنابير التى تتحكم فى ادخال البخار ورذاذ الماء البارد لتبريد البخار باليد ٠ ولذلك كانت الآلات فى حاجة الى ملاحظة دائمة ٠ وقد قيل ان صبيا كان يعمل ملاحظا ذات مرة فوجد أن عمله كان مضنيا بدرجة أن اخترع صماما كيفما كان قام بعملية الفتح والايصاد بدلا منه مما تركه حرا يلعب مع رفاقه ٠ لقد أخذ بفكرته وسرعان ما جهزت آلات نيوكومين بصمامات كانت تفتح وتقفل بواسطة تحرك الذراع ٠



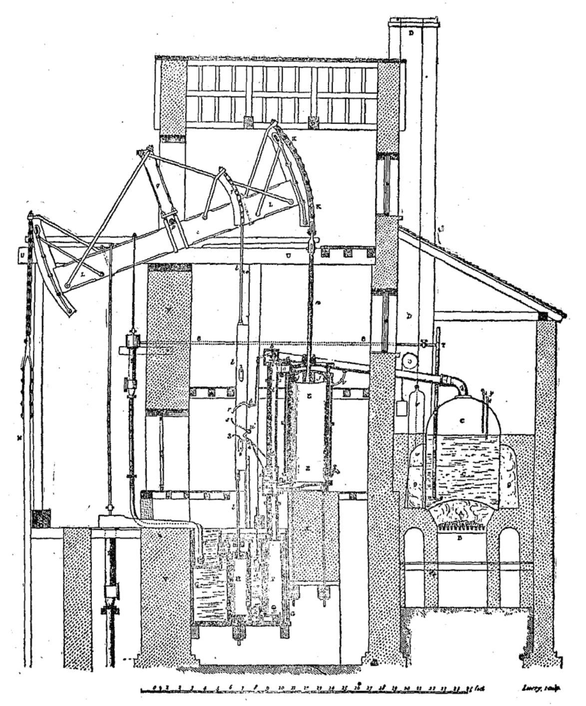
« شكل ٤٢ »
آلة نيوكومن
عند فتح الصمام كان البخار يدخل من الغلاية الى الاسطوانة ويدفع المكبس الى أعلى ٠ عندئذ كان يتكثف البخار بواسطة رذاذ ماء بارد ٠ ونتيجة لذلك كان الضغط يقل فى الداخل ، فيدفع الضغط الجوى من الخارج المكبس الى أسفل مرة ثانية

وأتت الخطوة الثانية فى سبيل تحسين الآلة البخـــارية عن طريق تطبيق المبادىء الجديدة ٠ وكان الفضل فى هذا يرجع الى جيمس وات (١٧٣٦ — ١٨١٩) لقد صار وات عاملا ميكانيكيا فى جامعة جلاسجو بعد فترة مران قصيرة كصبى صنعة فى لندن ٠ ولذلك فقد كان لديه فرص الاتصال الشخصى بأساتذة الجامعة ٠ وكان من بينهم جوزيف بلاك (١٧٢٨ — ١٧٩٩) الذى كان أول من اعتبر الحرارة شيئا يمكن قياسه ٠ وقد أبان أنه حينما يدفع بالبخار فى الأحـوال العـادية الى المـاء البارد ، فأنه يرفع درجة حرارة ما يساوى وزنه ست مرات من الماء الى درجـــة الغليان ٠ وأطلق على هذه الكمية الكبيرة من الحرارة التى تنبعث عن تكثيف البخار حرارة البخار الكامنة أو الخفية ٠ وقد أخبر وات بهـــذه النتائج مما أدى بهذا الرجل الأصغر منه سنا أن يفكر ويجرى تجـــارب لنفسه ٠

وذات يوم أعطى وات نموذجا لآلة نيو كومين لاصلاحه ٠ لاحظ الطريقة التى يعمل بها ، وأدرك أن تسخين وتبريد الاسطوانة كان ينتج عنـــه ضياع كمية كبيرة من الحرارة ٠ عندئذ طرأت على ذهنه مصادفة فكرة فصل الاسطوانة عن المكثف ، والاحتفاظ بالاسطوانة ساخنة بقدر الامكان بتغليفها بعلبة بخار ٠ وكانت هذه هى الخدمة الكبرى التى أسداها للآلة البخارية ٠ وسرعان ما صار بعد ذلك شريكا فى شركة هندسية كبيرة فى بيرمنجهام ٠ وهيأله هذا فرصا عديدة لاجراء التجارب ٠ وواصل ادخال تحسين بعد الآخر ٠ وفى النهاية صنع آلة وجد أنها تســتعمل فقط ربع الوقود الذى تحتاج اليــه آلة من نوع آلات نيوكومين القديمة ٠ ولذلك فسرعان ما استخدم أصحاب المناجم آلة وات الأكثر توفيرا للنفقات ٠

وفى السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر تطلبت صناعة الحـــديد النامية كميات ضخمة من الكوك للصـــهر ٠ وكان هذا معنــاه ضرورة الحصول على مزيد من الفحم ، وتعميق المناجم الموجودة بدرجة كبيرة ٠ ولذلك عظم الطلب عن أى وقت مضى على الآلات البخارية لضخ المـاء من

المناجم (شكل ٢٥) ، وكانت الآلات البخـــارية نفسها فى حاجة الى فحم • وسرعان ما استخدمت الآلات البخارية علاوة على ذلك فى ادخال التيار الهوائى اللازم لصهر الحديد الى الأفران اللافحة • واستخدم كثير



(شكل ٢٥)
مضـخة وات المفـردة الاتجـاه

من الحديد الذى حصل عليه بهذه الطريقة لصناعة المزيد من الآلات ، ولذلك ازدهرت سويا صناعة الفحم والحديد والآلات ازدهارا سريعا .

ولادخال تيار هوائى أو لضخ الماء كان من الضرورى فقط تحرك الآلة البخارية إلى أعلى وأسفل . ومع ذلك لاحظ وات بسرعة مزايا آلة تتحرك حركة دائرية مستمرة . وفى عام ١٧٨٢ سجل اختراع آلة « مزدوجة العمل » كان طرفا الاسطوانة بها يتصلان بكل من الغلاية والمكنف بالتناوب . وعلى ذلك كان الكباس يدفع بالذراع ويشده كذلك . ونتيجة لذلك أصبحت الآلة أقوى . وبواسطة ذراع تدوير ، يمكن مشاهدة المبدأ القائم عليه فى المخرطة وفى مدوس مكنة الحياكة ، تحولت حركة المكبس الأمامية الخلفية الى حركة دائرية . وكان كل شيء معدا الآن للاستعمال الواسع المدى للآلة البخارية فى المطالب العملية .

٣ ــ القارب البخارى والقاطرة البخارية

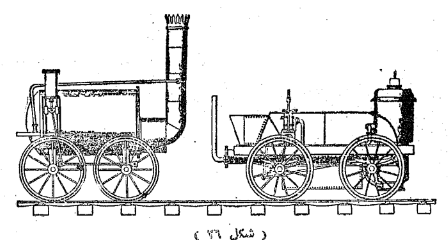
بمجرد صنع وات لآلة بخارية تسبب حركة دورية ، لم يكن أمام المهندسين الا أن يقوموا بترتيب التفاصيل اللازمة لتجهيز القوارب بآلة بخارية مناسبة وجعلها تقوم بتحريك عجلات التغديف وبذلك تحرك القارب . أو يمكن أيضا للآلة البخارية أن تحرك عجلات عربة تجرى على قضبان مع بعض التفاصيل الانشائية المناسبة . ولذلك ظهر القارب البخارى والقاطرة البخارية مباشرة نتيجة لاكتشاف وات . على الرغم من أنه كان لا بد من دراسة كثيرة قبل أن يصبح أى منهما ذا أثر فعال .

وجرب أول قارب بخارى ناجح سنة ١٨٠٢ فى مضيق كلايد ، اذ وصلت آلة وات المزدوجة الحركة بعمود يدير عجلة تغديف فى مؤخرة القارب . وبعد ذلك بعشر سنوات سيرت باخرة ذات عجلتى تغديف جانبيتين لنقل الركاب على نهر الكلايد . ومع ذلك فخلال النصف الأول من القرن التاسع عشر تقدم القارب البخارى تقدما بطيئا نوعا حتى حينما شاع استعمال الحديد كمادة فى بناء السفن . وقد وجد أن البواخر التغديفية غير مأمونة فى البحار الهائجة . ولم تبن عابرات المحيط القوية الا بعد أن جعلت الهندسة العملية والطرق الأفضل لاستعمال الصلب فى الانشاءات البواخر اللولبية أمرا عمليا .

وفى الوقت الذى ظهر فيه أول قارب بخارى بذلت عدة محاولات ناجحة لانشاء قاطرة بخارية . وعلى الرغم من تلك المحاولات فان هذا التطور اقترن باسم جورج ستيفنسون (١٦٨١ ــ ١٨٤٨) اقترانا تاما لدرجة أننا لا نذكر الا اياه فحسب . وحيث انه نشأ فى منزل فقير فى منطقة تعدين ، فقد كانت دائرة ذكرياته الأولى لا تتعدى الآلات التى

تمتلىء شحما ، وأكوام الفحم التى يتصـــاعد الدخان منها • لم يلتحق بمدرسة ولكنه بدأ العمل وهو صبى • وكان أول عمل قام به هو مساعدة والده في قذف الفحم بالجاروف داخل فرن احدى مضخات وات • وكان هو في سن السابعة عشرة لا يزال غير قادر على القراءة ولكنه بدأ حينئذ يتعلم لكى يقرأ عن الآلات • وسرعان ما انتصرت مواهبه العجيبة عـــلى عدم تعلمه المبكر ، وادى ولعه بامكان الجر البخارى أن يقوم بالتجـــارب لحسابه الخاص أثناء فراغه الضئيل •

وفى النهاية أسند رؤساء ستيفنسون له مهمة ملاحظة انشاء قاطرة بخارية ، وقد أدى ستيفنسون الكثير بيديه • وكانت النتيجة انشاء آلة ذات حجم ضخم أقصى سرعة لها أربعة أميال فى الساعة • وكانت تحتاج زيادة على ذلك الى كمية كبيرة من الفحم بدرجة أن الطريقة القديمة طريقة استخدام الجيـــــاد فى جر العربات كانت أرخص بكثير كما كانت أسرع كذلك • ويمكن مشاهدة كثير من قاطرات ستيفنسون الأولى بمداخنهـا العالية ، وأجسامها المصنوعة من حديد زهر سميك فى متحف العلم فى سوث كينسنجتون (شكلا ٢٦ ، ٢٧) •



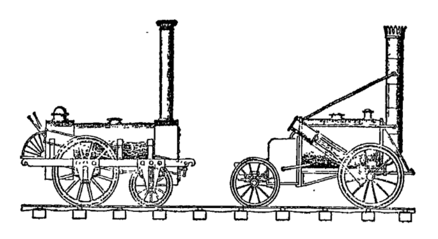
(شكل ٢٦)

رسوم تبيانية لأنواع قديمة من القاطرات نشرت عام ١٨٣٤

تبين الصورة بوضوح جهاز ذراع التدوير الذى تحدث بواسطته حركة الكباس الى أعلى وأسفل فى الاسطوانة الرأسية الى حركة دائرية مستمرة للعجلات

وعلى الرغم من مرات الفشل العـديدة التى واجهت ستيفنسن فانه واصل العمل ، اذ سرعان ما أدخل تحسينا أدى الى اخراج البخار خـلال أنبوبة فى مدخنة الغلاية بعد دفع المكبس • وقد أدى هذا الى ايجاد تيار زائد من الهواء جعل الفرن يتأجج بسرعة مما نتج عنه ازدياد قوة القاطرة • ومن ذلك الوقت فصاعدا استخدمت قاطرات ستيفنسون لنقل الفحم فى مناطق كثيرة •

وظلت القاطرة البخارية عدة سنين تعتبر مجرد وسيلة لنقل البضائع الثقيلة ، ولم يدر بخلد انسان قط حتى ذلك الوقت ان تستعمل لنقل المسافرين ٠ ومع ذلك تنبأ ستيفنسون أن السكك الحديدية ستحل محل عربات اليد ، وانه سيأتي اليوم الذى ستكون فيه رخيصة لدرجة أن العمال لن يصبحوا بعد ذلك فى حاجة الى السير لمكان عملهم اليومى ٠

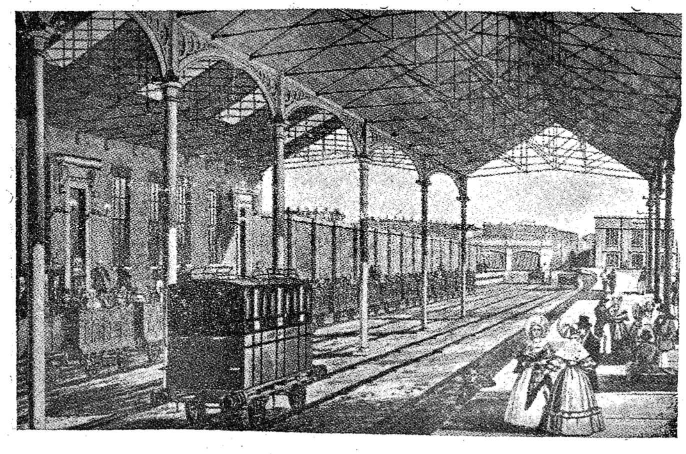


(شكل ٢٧)
انواع قاطرات ظهرت فيما بعد
من رسوم توضيحية نشرت عام ١٨٣٤ نظهر الاسطوانة فى وضع مائل بدلا من الوضع الرأسى كما فى الانواع التى ظهرت قبل ذلك

وبدا فى أول الأمر أن تنبؤاته كانت مفرطة فى التفاؤل أكثر من اللازم ٠ وقد افتتحت سكة حديد ستوكتون ، ودارلنجتون عام ١٨٢٥ ٠ ولكن استعمالها فى أول سنة برهن على أن القاطرات البخارية كانت تكاليفها أكبر بكثير من القطارات التى كانت تجرها الجياد كما كانت غير موثوق بها ، وذلك لأن القاطرات غالبا ما كانت توقفها الرياح الشديدة٠ وزيادة على ذلك فقد كان الشعور العام معبأ بدرجة كبيرة ضد القاطرات البخارية التى أثارت على الأخص حنق أصحاب القنوات ٠ وطبعت نشرات تقول ان السكك الحديدية ستمنع البقر من الرعى والدجاج من البيض ، وأنها فى الحقيقة مناقضة لسنة الله ٠

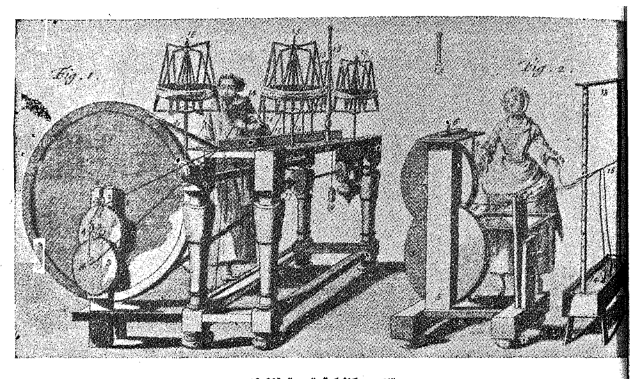
ومع ذلك واصل ستيفنسون وآخرون غيره اضافة تحسين بعد الآخر على القاطرة ٠ وسار منشئو السكك الحديدية قدما بمشروعاتها ٠ وحفروا الأنفاق فى التلال وأنشئوا أميالا من الخطوط الجديدة ٠ وفى النهاية قدمت جائزة ألف جنيه لأحسن قاطرة ٠ وقد ربح الجائزة ستيفنسون الذى بلغت سرعة قاطرته المسماة الصاروخ والتى قادها بنفسه ٣٥ ميلا فى الساعة ٠

لوحة رقم ٩٧



قطار قديم للركاب ، ١٨٣٩

رقم ٤٩



آلات ميكانيكية قديمة للغزل

ويعد هذا النجاح بدءا للسكك الحديدية الحديثة (لوحة ١٧) وقد قامت الملكة فيكتوريا برحلتها الأولى فى قطار السكة الحديد عام ١٨٤٢ • وربطت فى العشر سنوات التالية مدن انجلترا الرئيسية بالسكك الحديدية • وفى أثناء ذلك ابتدأت السكك الحديدية فى القارة • وانهالت الطلبات على الشركات الهندسية فى انجلترا لتزويد القارة بالقاطرات والحديد • وعلى ذلك ازدادت صادرات انجلترا ، ومن ثم ثروتها بسرعة هائلة • انها لم تصدر القاطرات فحسب ، بل ان القاطرات نفسها التى ساعدت على تطويرها مكنتها من ارسال منسوجاتها الى الأماكن البعيدة من العالم وأن تتلقى المنتجات الخام مقابل ذلك ، وبذلك بدأ تفوق انجلترا الصناعى •

وقد أحدث نجاح القاطرة البخارية تغيرا مفاجئا فى احدى امكانيات الانسان الأولى ، اذ أنه على الرغم من أنه تاق لأجنحة كأجنحة اليمامة كى يسبح فى الجو ، فانه لم يستطع خلال العصور كلها الا أن ينتقل بالسرعة التى تحملها بها قدماه أو جياده • أما فى ذلك الوقت فانه كان يستطيع الانتقال أسرع من أحسن جواد ، أو أحسن عربة بريد عشر مرات تقريبا • وأصبح فى الامكان كذلك للأخبار أن تنتقل بنفس السرعة• وأصبحت الأماكن الشديدة البعد على بعد عشر مسافاتها السابقة فعلا • وعلى ذلك صار من الممكن مباشرة الادارة فى منطقة تبلغ مساحتها مائة مرة قدر المساحة التى كان يمكن ممارستها فيها قبل ذلك • وكان من نتيجة ذلك أن أصبح فى الامكان حكم اتحاد كبير من الشعوب كالولايات المتحدة والامبراطورية البريطانية من عاصمة مركزية • ولذلك ففوق أن السكك الحديدية فتحت الباب على مصراعيه للتجارة ، ووفرت المزيد من وسائل الراحة فى وسائل الانتقال ، فانها لعبت دورا هاما فى ازدهار الجانب السياسى من مدنيتنا الحالية .

٤ ـ القوة الآلية وصناعة المنسوجات

بينما كانت التحسينات فى صناعة الحديد بانجلترا تسير قدما ، كانت هناك تطورات هامة تأخذ مجراها فى صناعة القطن • فقبل نسج القطن الى قماش ، يجب برم أليافه أو غزلها الى خيوط طويلة • وقد ظل هذا الغزل يمارس بواسطة برمها بمغزل يدوى • ومع ذلك ففى سنة ١٧٧٠ سجل هارجريفس ، نساج من بلاكبيرن دولاب غزله • وكان جهازا يدار باليد يمكنه غزل عشرين أو ثلاثين خيطا فى المرة الواحدة • وفى سنة ١٧٦٩ سجل آركريت من بريستون اختراعا لسحب ألياف القطن وتحويلها الى غزل قطنى بواسطة نول غزل • وقد جعل هذا من الممكن غزل كثير من الخيوط بسرعة وبأية رقة مطلوبة أو قوة • ويمكن

مشاهدة كثير من أنوال الغزل الأصلية القـــديمة فى متحف العلوم فى سوث كينسنجتون ٠

وكان أول مصنع غزل أقامه آركريت يدار بواسطة الخيل ٠ ولكن المصانع التى أقيمت بعد ذلك استخدمت قوة الماء فى ادارتها ، أى المـاء المنحدر من مستوى أعلى الذى يستخدم فى ادارة العجلات ٠ وسرعان ما افتتحت مصانع غزل مائية فى مناطق عديدة ، وتقدمت صناعة النسيج بخطى واسعة ٠

ولكن أصحاب المصانع بدأوا يسمعون عن آلة وات ، واستعملت الآلة البخارية فى مصانع القطن فى المناطق التى يندر فيها الحصول على قوة مائية ٠ وعندما ازدهرت المعرفة الهندسية أنشئت آلات غزل أفضل ، وحلت الآلات المصنوعة من الحديد تدريجيا محل الآلات المصـنوعة من الخشب ٠ وأصبح فى مقدور الصـناع علاوة على ذلك ارسال بضائعهم بسرعة بواسطة السكك الحديدية حينمـا عم استعمال القاطرة البخارية وهذه التحسينات الفنية العديدة تفاعلت مع بعضها البعض بدرجة ممتازة جدا وأحدثت تلك التغييرات التى غالبا ما يشار اليها باسم الثورة الآلية٠ وأثرت النتائج التى تولدت عن هذا فى صناعات انجلترا فى حياة الناس حتى أصبح التغيير يعرف باسم الثورة الصناعية ٠ لقد بدأت الحـركة فى انجلترا ، ثم امتدت بعد ذلك الى القارة الأوربية ، والولايات المتحدة٠ وقد أثرت فى حياة الناس جميعا ، وجلبت فى أثرها شرا وخيرا ٠ ولكن هذا التغير على وجه العموم جعل الحياة أكثر أمنا ويسرا عن ذى قبل ٠

الفصل السابع

العلم كعامل فى التغيير الاجتماعى

ان التغيرات العديدة التى تتدرج تحت مفهوم الثورة الصناعية كانت ترجع الى أسباب متداخلة بعضها فى بعض سنحاول الكشف عن بعض منها . ويجب أن نذكر أولا أن نواحي التقدم العلمية العظيمة فى القرن السابع عشر لم يتفهمها الا فئة قليلة من العلماء ، اذ فى تلك الأيام كانت هناك أعداد كبيرة من الناس فى جميع ممالك أوربا لا يستطيعون القراءة أو الكتابة . وانه لحق أن محاولات عديدة بذلت فى انجلترا أثناء القرن الثامن عشر لترويج فلسفة نيوتن وللمساعدة على نشر التعليم بين الفقراء ولكن هذه المجهودات لم تصل الغالبية العظمى من الناس . ونتيجة لذلك فقد كان أحد آثار المعرفة الجديدة ذات النتائج البعيدة المدى توسيع الهوة بين المتعلم والأمى وبين الفقير والغنى .

وبالطبع لم يكن الأغنياء قط دائما من المتعلمين ، اذ غالبا ما كان المتعلمون فقراء . ولكن الاتجاه كان يميل نحو هذا التقسيم الحديث للطبقات الاجتماعية . وأحدث تحالف العلم والقوة الذى تميز به غرب أوربا تغيرات تشريعية شعرت بها الطبقات الاجتماعية كلها . ولكن لم تكن أعظم التغيرات المدهشة ناتجة عن مجرد التغيرات العلمية ، بل عن استغلال هذه التغيرات فى خدمة الصناعة . ولذلك فعلى الرغم من أنه كان هناك ميل فى النصف الأول من القرن الثامن عشر لتحويل الانتاج المنزلى ذى النطاق الضيق الى انتاج تقوم به مؤسسات أكبر ، فان هذا التغيير حدث بسرعة أعظم بكثير بعد اختراع الآلة البخارية . وأحدث بعد ذلك استخدام الآلة البخارية فى النقل وفى ادارة آلات النسيج تغييرات فى وسائل المعيشة وفى قوة العمال الكسبية كان من شأنها أن تغير طابع الحياة الصناعية بأجمعه . وبذلك تحولت انجلترا من أرض تزخر بالقرى ، أرض عمال يدويين يعملون داخل منازلهم ، أرض ذات أسواق محلية ، الى أرض صناعية عظيمة ذات علاقات تشمل العالم كله . وقد بدأ هذا التغيير فى

انجلترا ، ولكنه اتخذ طريقه بعد ذلك الى قارة أوربا ، محدثا أثره بعد ذلك فى المدنية الغربية كلها .

وكانت الملامح الرئيسية للحياة الاجتماعية الجديدة الناشئة عن هذا هى ازدهار انتاج المصانع ، واقفار الريف ، وازدحام المدن والزيادة الهائلة فى السكان . ويجب علينا الآن أن نتدبر هذه المظاهر بدورها محاولين ان نتكشف أين كان العلم عاملا مساهما وأين كانت المعرفة العلمية عونا للناس فى المشاكل الجديدة التى كان عليهم أن يواجهوها .

١ ــ الانتاج المصنعى

أن صناعة القطن التى نمت بدرجة هائلة بعد اختراع آلات الغزل وجدت فحسب منذ افتتاح طرق التجارة مع امريكا . ومن جهة اخرى ازدهرت صناعة الصوف فى انجلترا منذ القرن الرابع عشر . وعلى ذلك كانت صناعة أقدم بكثير وذات جذور عميقة فى حياة الناس ، ولذلك استمرت تمارس فى المنازل بالطرق القديمة باليد بعد استخدام الآلات فى نسج القطن بوقت طويل . ويذكر كثير من الناس كيف وصف جورج اليوت(١) فى قصته سيلاس مارنر ندف الصوف كعمل مألوف فى مزارع أوائل القرن التاسع عشر .

ومع ذلك فقد جعلت الآلات التى تدار بقوة البخار نسج القماش رخيصا بدرجة أن وجد التاجر الوسيط الذى اعتاد شراء بضاعته من الصناع الذين كانوا يصنعون النسيج فى منازلهم من الأفضل له الاتجاه مباشرة لأصحاب المصانع . ولذلك فقد قضى فى النهاية على صناعة نسج الصوف فى المنازل ، وحل محلها العمل فى المصانع . وفى أثناء ذلك كانت صناعات القطن والمعادن تنمو يوما بعد يوم . وقد لوثت المداخن الهواء بما كانت تخرجه من دخان ، وشوهت أكوام الخبث منظر الريف الجميل . وكان العمال يتكدسون فى مصانع النسيج وغيرها من المصانع حيث كانت الآلات التى يعمل عليها كثير من العمال تدر ثروة انتاج لم تكن معروفة من قبل .

ومع ذلك علينا أن نتذكر أن استخدام أفواج كبيرة من العمال لم يكن أمرا جديدا ، فقد كان من الضرورى تجميع مئات من العبيد سنويا لتشييد الأهرام وطرق روما القديمة . ان الذى استجد فقط انما هو نوع العمل

---

(١) الاسم القلمى للأديب الانجليزى مارلان ايفانز (١٨١٩ ــ ١٨٨٠) الذى ألف عددا من القصص المشهورة من بينها دانيال ديروندا ، وسيلاس مارنر .

الذى كلف العمال به • لقد كان العبيد يعملون والسياط على ظهورهم بعضلات مجهدة والعرق يتصبب من جبينهم • وزيادة على ذلك فقبل أن تستعين الصناعة بالآلات كانت الغالبية العظمى من الرجال والنساء فى جميع أنحاء أوربا يقضون حياتهم كلها يعملون لمجرد سد ما هو دون الكفاف من حاجاتهم من الطعام والمأوى • ومع ذلك فبمرور الزمن قلل الانتاج على نطاق واسع من عناء الانسان الجسدى ، ورخص ضروريات الحياة ، وانقذ الآلاف من الفقر المدقع • ولذلك فقد صارت الآلة من ناحية ما عبدا للانسان •

٢ ـ تغييرات فى الزراعة

لم تشهد السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر تقدما كبيرا فى صناعات انجلترا فقط ، بل حدثت هناك تغيرات عظيمة فى زراعتها أيضا . وحتى هذا الوقت كان الفلاحون يواصلون عملهم متبعين كثيرا نفس الطريقة التى سار عليها أسلافهم فى العصور الوسطى ـ كانوا يزرعون الأرض قمحا مدة عامين ويتركونها بورا لاستخصابها عاما . وكان هذا بالطبع معناه أن ثلث أرضهم كانت دائما بلا جدوى . ولكن الفلاحين أدركوا فى النهاية أن أرضهم يمكن زراعتها لفتا أو برسيما بدلا من تركها بورا ، وامدهم هذا بالطبع بطعام لماشيتهم خلال الشتاء . ولذلك استطاعوا الحصول على لحم طازج ، ولم يعد من الضرورى ذبح كثير من انعامهم فى الخريف لتزويدهم بلحم مملح ليستعملوه فى الشتاء كما كانوا من قبل يفعلون .

وكانت انجلترا مكتفية ذاتيا حتى نهاية القرن الثامن عشر فيما يختص بجميع المواد الغذائية الاساسية ، وكانت تزرع فى الحقيقة قمحا يزيد عن حاجتها . ولكن كان عدد سكانها قبل هذا الوقت يزداد ازديادا سريعا وكان عليها اثناء الحروب النابوليونية بالاضافة الى امداد جيوشها بالأطعمة فى الخارج أن توفر الغذاء لعدد أكبر من الناس فى الداخل وعلى ذلك تحتم عليها أن تزرع المزيد من القمح ، وأن تزيد كثيرا فى رقعة الأرض الزراعية . وهنا تدخل التشريع الذى قضى بتخصيص كثير من الأرض البور لزراعة القمح . وقد استمر بين الحين والحين تخصيص مساحات كبيرة من الأراضى العامة التى كان يستعملها الفقراء لرعى الماشية مئات من السنين • وجعلت الأحوال التى سادت أوائل القرن التاسع عشر مثل هذه الاجراءات أكثر حتمية .

وعلى ذلك فكان لابد فجأة من تهيئة أراض كثيرة للزراعة . لقد علم المستوطنون الهولانديون الفلاحين الانجليز كيف يصرفون المياه الزائدة فى أراضيهم بواسطة حفر المصارف .

وهرع العلم أيضا لنجدتهم ، واستخدمت الآلات البخارية فى ضخ الماء من مئات الأفدنة فى المستنقعات . وبهذه الطريقة أصبح كثير من الأرض منتجا . ومد العلم لهم أيضا يد المعونة بطريقة غير مباشرة بتهيئة الآلات الزراعية • واستخدمت فى ذلك الحين التحسينات العظيمة فى صناعة المعادن التى خصصت لصناعة آلات النسيج فى صناعة محاريث وآلات حصادأحسن . وعلى ذلك أصبح فى حيز الأمكان القيام بزراعة مثمرة . وسرعان ما أصبح هناك انتاج متزايد بدرجة هائلة .

ومع ذلك ظلت هذه التحسينات سنينا دون أن يشعر الناس بها وقد سببت الأحوال المضطربة التى أعقبت حروب نابليون تقلبات فى أسعار القمح والمواد الغذائية الأخرى . وكان هناك الكثير من المحاصيل الرديئة مما أدى الى افلاس كثير من صغار المزارعين • ونتيجة لذلك لم تجد أفواج كبيرة عملا فى الزراعة ،ولذلك هرعوا الى المدن تاركين الريف مقفرا • وقد بلغت هذه الأحوال من السوء مثلما بلغت أحوال الفلاحين الأرلنديين التى صورها جولد سميث قبل ذلك بخمسين عاما تقريبا فى قصته « **القرية المهجورة** » .

٣ ــ الاندفاع صوب المدن

وجد القادمون الجدد الى المدن حياتهم عسيرة جدا أول الأمر . وتتطلب الأحوال الجديدة للحياة الاجتماعية وقتا معينا لتمثيلها . وغالبا ما يقاسى الناس كثيرا فى مراحل الانتقال . وكان الأمر كذلك فى عشرات السنين الأولى من القرن التاسع عشر . وكانت ترجع هذه المحنة اذن من جهة الى اضطراب أحوال العمل الذى أعقب الحروب النابليونية ، ومن جهة اخرى الى الأراضى التى خصصت لزراعة القمح ، ومن جهة ثالثة الى الانتشار السريع للآلات الموفرة للجهد ، اذ كان معناه أن أصبح كثير من عمال النسيج الذين كانوا يقومون بالنسيج فى منازلهم بلا عمل . وقد حاول العاطلون أن يجدوا عملا فى الأراضى الزراعية • وكان هذا مستحيلا فى كثير من المناطق بسبب محنة الفلاحين . وكان من الصعب على أية حال تحول الانسان من الغزل الى عزق البطاطس ، كما كان من الصعب على العامل الذى تخشنت يداه أن يتعلم العمل الذى يحتاج الى مهارة اكثر والذى تتطلبه المدن . وعلى ذلك قاست الآلاف الكثيرة لا لذنب جنوه ، وذلك بسبب انهم اصبحوا بلا حول ولا اقوة أمام التغييرات الاجتماعية . وقد وجدوا متنفسا لآلامهم فى القيام بهجمات جنونية على الآلات نفسها ، وباحراق أكوام الدريس ومبانى المزارع . وهناك صورة كئيبة لتلك الأيام فى قصة آلتون لوك لشارلز كنجسلى ، وفى

قصـــة شيرلى لشارلوت برونتى ، وفى مسرحيـــة محطمى الآلات ، وهى تمثيلية كتبها ممثل ألمانى حديث يدعى ايرنست تولر .

وعلى ذلـك فعلى الرغم مما داهم الأفراد من محن ، فان تجـارة انجلترا الخارجية ومن ثم ثروتها كانتا فى ازدياد سريع . وكان عـدد سكانها أيضاً ينمو نموا سريعا ، وتضاعف بين سنتى ١٧٦٠ و ١٨٣٠ . ومع ذلك كان معدل هذه الزيادة أكبر بكثير خلال النصف الأول من حكم الملكة فيكتوريا . ومع الزيادة فى ثروة البلاد نشأ المزيد من المؤسسات الصناعية التى كانت تعتمد فى قيامها على حوزة قليل من الناس لمال احتياطى ـ أو بمعنى آخر رأس المال . وقد بنيت مصانع كثيرة ، كما استخرجت كميات أكثر من الفحم والحديد من كنوز الأرض المدفونة التى كانت تبدو كأنها لا تنفد . وأجبر أصحاب الأعمال الذين كانوا لا يفكرون الا فى الانتاج الرخيص على أن يعمل العمال ساعات كثيرة . وكانت اليد العاملة رخيصة ، اذ كان هناك الكثير من العمال وحتى الأطفال يستخدمون فى مصانع الأنسجة والآلات بشروط تبدو لنا اليوم شروطا مرعبة . ومع ذلك كانت الأحوال فى مناطق التعدين أسوأ من ذلك . لقد اعتادت النساء أن تجر العربات فى المناجم ، وكانت أحوالهن المعيشية سيئة بـدرجة أن ساءت صحة الكثيرات منهن بدرجة كبيرة . ونشأ أطفالهن جهلة أميين . وقد أخرس نقص التنظيم ألسنة المعانين ، وسبحت فى سماء انجلترا سحابة معتمة من اليأس أسود من الدخان المتصاعد من مداخن مصانعها .

ولكن لا يمكن القاء المسئولية فى هذا على عاتق العلم . انه لحق أن العـلم التطبيقى قد أعطى الانسان قوة البخار التى فتحت الطـريق أمامه لصناعة على مجال واسع . وكان هذا فى النهاية ذا ميزة للغالبية العظمى من الناس ، ولكن اطراد التسهيلات الخاصة بالصناعة كان سريعا بدرجة أن التغيرات الاجتماعية الضرورية لم تستطع أن تسايره ، ولذلك كان لا مندوحة عن وجود الكثير من المعاناة . وكان الكثير من هذه المعاناة أيضا راجعا الى ما تميز به الأشرار من طمع . ولكن بصرف النظر تماما عن هذه الاعتبارات تبرز الحقيقة التى تتلخص فى أنه كان هناك حافز وراء هذا التغيير وكان هذا الحافز هو الحافز الطبيعى فى الانسان لاكتساب المزيد من المال . وحينما صنع المخترعون الاول آلات يمكنهم بواسطتها تشغيل عدة آلات غزل فى نفس الوقت رأوا أن هذا معناه مضاعفة كسبهم وكان نفس الدافع هو الذى دفع بسكان الريف الاكثر ذكاء أن يبحثوا عن عمل فى المدن حيث كانت هناك فرصة للعمل المستديم على مدار السنة كلها على الرغم من أحوال العمال السيئة . وعلى ذلك انتقلت انجلترا فى مدى أجيال قليلة من كونها بلدا تتكون الغالبية العظمى من سكانها من

إهالى الريف الى بلد تكدس سكانه ــ الآخذون فى الزيادة بسرعة عظيمة فى المدن . وحدثت حركات مشابهة فى الممالك الأخرى . وما أن بدأت تلك التغيرات حتى اندفعت فى طريقها قدما كلما مرت الأيام ولم يستطع شيء ايقاف سيرها .

وبما أن العلم تقدم خلال القرن التاسع عشر ، فقد نشأت صناعات جديدة كثيرة نظمت على نطاق واسع من البداية . وعلى ذلك لم يكن من المستطاع اطلاقا اقامة صناعة غاز الاستصباح من الفحم التى بدأت فى انجلترا عند مطلع القرن والتى كانت تتضمن تقطير الفحم وتجميع المنتجات وتنقيتها على نطاق ضيق . ومع نواحى التقدم التى تمت فى الكيمياء أدخلت تحسينات على صناعة الصابون والصودا ومواد التبييض . وكانت تتطلب كل هذه الصناعات وكذلك الصناعات المعدنية النامية والتطورات الهائلة فى مجال التكنولوجيا الكهربية التى تمت فى السنين الأخيرة من القرن التاسع عشر نظما لتشغيل المصانع . ونتيجة لذلك اخذ العمال يتخصصون أكثر فأكثر فى كل انجلترا والقارة الأوربية . وقامت الصناعات المتشابهة بجوار بعضها البعض جامعة بذلك آلاف العمال . ونشأت مدن جديدة ، وصار المصنع أحد ملامح الحياة المألوفة لأوربا الصناعية .

٤ ــ أفكار اجتماعية جديدة

كان سير الحوادث الذى أعقب استعمال آلات الغزل لأول مرة حثيثا حقا . والتغيرات التى نتجت عن هذا فى الحياة اليومية جعلت الناس يمعنون الفكر ، وتولدت عن هذا أفكار جديدة . وقد رأى أصحاب البصيرة من الناس أن القواعد القديمة والقوانين القديمة أصبحت أشياء بائدة مع تزايد السكان الذين يعيشون غالبا فى المدن الكبيرة ، ويمارسون أعمالا متباينة تباينا شاسعا عن الأعمال التى كان يمارسها أجدادهم . ولذلك نجد كثيرا من رجالات الفكر يسبرون من جديد غور مشاكل جوهرية من مشاكل الثروة ، والسكان ، والرعوية ، والتجارة ، وأعمال المصارف والنقود ، والصناعة (١) . وكان الاتجاه العلمى الذى بدأ فى الكتابات السياسية للقرن السابع عشر لا يزال أكثر وضوحا فى تلك الكتابات التى اعقبت الثورة الصناعية .

---

(١) على سبيل المثال ظهر هذا فى مؤلفات كمؤلف بحث فى طبيعة وأسباب ثروة الأمم بواسطة آدم سميث « الصادر فى لندن عام ١٧٧٦ فى مجلدين » ورسالة موضوع السكان لتوماس مالتوس (لندن ١٧٨٦) ومؤلف دافيد ريكاردو. (لندن ١٨١٧) وعنوانه مبدأ الاقتصاد السياسى وجمع الضرائب .

ومن رجال الفكر فى هذا الوقت الذين أثرت أفكارهم فى التشريع وفى مجرى الحوادث فيما بعد سنتناول واحدا فقط هو جيرمى بنثام (١٧٤٨ — ١٨٣٢) ، اذ أن الأفكار التى تندرج تحت كثير من خدماتنا العامة فى الوقت الحالى انما هى أفكار صدرت عنه أو عن أتباعه المباشرين .

ويتجلى الاتجاه العلمى فى التفكير فى جميع كتابات بنثام . لقد حاول عقد مقارنات بين العلوم الاجتماعية والعلوم الطبيعية . واستعمل الطرق الكمية كلما وجد الى ذلك سبيلا ، وحلل تفاعل القوى فى الحياة الاجتماعية مخلصا الحقـــائق من تعقيداتها العاطفية ، ومستمدا نتائجه من الحقائق فحسب .

وكان بنثام رجلا صـافى الذهن ، مع تمكن مدهش من التفاصـيل ، وقوة دافعة كبيرة . وحيث انه درس القانون ، كما كان يمتاز بقيامـه بأسفار سابقة ، فقد استطاع عقد مقارنات بين النظم القانونية المختلفة . وكان مبدأه الأســاسى : أن السـعادة العظمى لأكبر عدد من الناس هى مقياس الصواب او الخطأ . وعلى ذلك كان المحك الدقيق الذى وضعه لاختيار كل النظم الاجتماعيــة هو : أتؤدى هذه النظم الى السعادة العظمى للغالبية العظمى من الناس ، أتحمل خيرا للناس الذين يعنيهم الأمر ، أم هى مجرد تدعيم لبعض التقاليد البالية ؟ وهل هى بمعنى آخر مفيدة حقا ؟ ولكنه حينما أجرى هذا الاختيار على كثير من النظم الموجودة حينئذ بالنسبة للحكومة ، والقانون الجنائى وأحوال العمال ، والنظم الأخلاقيـــة والطرق المتخذة للمحافظة على صحة الناس وجدها ناقصة .

ولذلك ابتكر بنثام خططا جديدة . وكان بليغا فى تبيانه أن الاجراءات التى تتخذها السلطات العامة لحمـــاية صحة الناس يجب توجيهها لا الى معالجة المرض ، ولكن الى الوقاية منه . وكان هذا المبدأ الذى اتبعه أتباع بنثام باخلاص أساس كل تشريعات الصحة العامة التى صدرت فيما بعد . وقد وضع بنثام أيضا نظاما سياسيا جديدا ، يكون للجميع بمقتضاه الحق فى الأدلاء بأصواتهم . وعلى الرغم من أن مثله الأعلى لم يتحقق بعد ، فقد كان بنثام ذا أثر كبير فى احداث ذلك الاصـــلاح الكبير فى الدستور البرلمانى الذى بدأ تنفيذه عام ١٨٣٢ ، وهى السنة التى توفى فيهـــا . وكانت أفكار بنثام وراء أول محاولات بذلت لتحسين أحوال عمال المصانع وقد صـدر أول تشريع هام سنة ١٨٠٢ . وكان عنـوانه : تشريع خاص بالمحافظة على صحة وأخلاق صبية المصانع ، وغيرهم من العاملين فى مصانع القطن وغيرها من المصانع . وقد كشفت لجان حكومية للاستقصاء بعد ذلك عن الحالة المحزنة لعمال المناجم ولعمال المصانع الآخرين ، وأجرت عـدة اصلاحات هامة .

٣ — نشأة سياسة الصحة العامة

لقد كانت هناك بالطبع محاولات لمعالجة المهمة الشاقة مهمة المحافظة على الصحة العامة قبل زمن بنشام ، فمثلا اضطرت الأمراض الوبائية الكثيرة الحدوث أثناء العصور الوسطى الناس الذين أصابهم الذعر الى منع انتشار الوباء بقدر الامكان بعزل المصابين(١) . ولكن مثل تلك المحاولات كانت فى العادة اجراءات تتخذ فى الحالات الطارئة فقط عندما يكون المرض ناشبا أظفاره بين الناس . ولم تبذل مدى قرون محاولة لدراسة الأحوال التى يتقى بها المرض ، ويمكن التأكد بها من وجود سكان أصحاء . وطالما كانت غالبية الرجال والنساء باقية على اعتقادها أن المرض انما هو عقاب لما اقترفوه من ذنوب فلم تكن هناك أية دراسة للمرض قائمة على أساس معقول . وطالما كان اعتقاد الأطباء أن علاج المرض ينحصر فى نصيحة مفيدة، وزجاجة دواء ، لم يكن فى الامكان وجود دراسة منظمة لآثار المرض بين اعداد كبيرة من الناس . ولكنه بمجرد اتباع المنحى العلمى أمكن الوصول الى نتائج محددة .

وعلى ذلك فاننا نجد بالفعل فى القرن السابع عشر بدأ علم الاحصاءات الحيوية ، أى الاحتفاظ بسجلات مضبوطة للمواليد ، والوفيات ، والحالات المرضية . وكان من الممكن للسلطات مع وجود أرقام تعتمد عليها وضع قواعد للمحافظة على الصحة العامة . ولم تتضح التفسيرات التامة لمثل تلك السجلات الا فيما بعد . وقد تكشفت مع ذلك فى نفس الوقت حقائق هامة كثيرة من واقع سجلات الجيش ، والأسطول ، والسجون حيث كانت هناك أعداد كبيرة من الناس تحت الملاحظة والرقابة . وجرت بهذه الطريقة اصلاحات كثيرة فى تغذية المرضى ، والصحة العامة ، والوقاية من العدوى وتعد هذه هى الخطوات الأولى فى الطب الوقائى .

ويعرف كل انسان اليوم أن بعض الأمراض ترجع الى كائنات حية دقيقة تنتقل من انسان لآخر . ولدى رجال العلم اليوم وسائل لدراسة هذه الكائنات الحية فى المعمل ، والتحكم فى نموها أو ايقافه . ومع ذلك ففى القرن الثامن عشر لم يقم الدليل على وجود مثل تلك الكائنات الحية المسببة للأمراض . وعلى الرغم من ذلك فقبل أن تقام الأدلة العلمية المحضة ، بينت استنتاجات المعية استقيت من التجربة باضافة الى سجلات لأعداد كثيرة من الحالات الطريق الى اصلاحات هامة . فقد تم هناك مثلا عمل رائد فى الطب الوقائى كان الفضل فيه يرجع الى سير جون

---

(١) لقد ترك النظام الذى كان يقضى على الأشخاص القادمين المشتبه فيهم الانتظار أربعين يوما قبل دخولهم مدينة ما أثره فى اللغة فى كلمة « الحجر الصحى » .

برينجل (١٧٠٧ - ١٧٨٢) . وأدت خبرة برينجل الواسعة كطبيب معسكرات ومستشفيات الجيش الى تعرفه على حمى السجن ، التيفوس التى أطلق عليها حمى المستشفيات . وكان انتشار الأمراض المعدية التى يصاب بها كثير من الناس أمرا شائعا فى أيامه بدرجة أن تقبل الناس هذا الأمر كشر لابد منه ، ومن هنا أتت نفس الأسماء «حمى المستشفيات» أو حمى السجون ومع ذلك اعتقد برينجل أنه من الممكن الوقاية من انتشار تلك الأوبئة . لقد لاحظ أن المرض غالبا ما يصحبه تعفن ، وعلى ذلك زود المستشفيات التى كانت تحت ادارته بمجارى مناسبة وبمياه نقية . واقترح فعلا الوقاية من التعفن بواسطة مواد مطهرة ، وذلك قبل أن يقام الدليل على الأصل الجرثومى للمرض بمائة عام .

وكمثل آخر للمشاهدة التى تعتمد على حسن الادراك السابق للدليل العلمى يمكننا أن نذكر علاج الاسقربوط ذلك المرض الذى اعتاد أن يصيب الناس فى البر والبحر . ومع ذلك قلت فى القرن الثامن عشر الحالات التى تحدث فى البر قلة كبيرة . وذلك بسبب التطور العظيم الذى حدث فى الزراعة والذى كان من شأنه امداد الناس بلحم من نوع أجود وبكميات وافرة من الخضراوات الطازجة . وعلى الرغم من ذلك ظل هذا المرض مرضا عضالا مميتا فى الغالب بين البحارة . وكان تفشيه أثناء الرحلات البحرية الطويلة يظن بحق أنه راجع الى الغذاء غير المناسب لبحارة السفن . ولكنه لم يتيسر ايجاد علاج للأسقربوط بين البحارة حتى الوقت الذى ظهر فيه طبيب بحرى يدعى جيمس لايند (١٧١٦ - ١٧٩٤) .

وصف لا يند اضافة فاكهة طازجة أو عصير ليمون الى غذاء رجال البحر وعندما اتبعت نصيحته لم يعد يصاب الناس بالاسقربوط . ونصح لايند كذلك بضرورة تقطير ماء الشرب . وكانت السفن حتى عصره تأخذ الماء دون تمييز من أية ثغور ترسو عليها . ولهذا السبب كانت هناك دائما نسبة وفيات عالية بين البحارة من أمراض متعددة مصدرها الماء مثل الكوليرا والتيفود . ونتج عن الاحتياطات التى نصح بها لايند تحسن سريع فى صحة البحارة . وقد اتبعت القواعد التى وضعها فى احدى الرحلات البحرية للكابتن كوك (١٧٢٨ - ١٧٧٩) مكتشف استراليا . وفى رحلة فى البحار الجنوبية استغرقت ثلاثة أعوام لم تكن هناك حالة مرضية واحدة راجعة الى الاسقربوط ، أو الى أى مرض من الأمراض الأخرى التى كانت تجعل الحياة فى البحر فيما مضى تتعرض لأخطار جسيمة .

وعلى ذلك فقد توصل الناس الى ادراك أهمية الماء النقى قبل بحث الحالات المعروفة بالكوليرا والدفتريا والتيفوس . ونتيجة لذلك طالب الناس بامداد المدن بماء أفضل . وقد رؤى أن الآبار العميقة أو الينابيع كانت المصادر

الأقل تعرضا للتلوث كما تجنب الناس جميع المياه السطحية • ومورس نظام ترشيح جميع المياه المخصصة للشرب على نطاق واسع في أوائل القرن التاسع عشر ، وقد ظل هذا النظام منذ ذلك الوقت هو الطريقة العادية لتطهير الماء •

وبدأ تحسن عام بالنسبة لعلم صحة المدن في السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر ، فقد وسعت الشوارع ورصفت رصفا أفضل ، وغطيت المجارى المفتوحة التى كانت تنساب من قبل مخترقة الشوارع • ونتج عن مثل تلك الاجراءات الصحية الواضحة بالاضافة الى بناء بيوت أقوى من الآجر والحجر الاختفاء التدريجي لعديد من الأمراض • فمثلا اختفى نوع من أنواع الطاعون الذى تحمله براغيث الفيران ، وذلك حينما لم تعد الفيران تقرض طريقها الى داخل المساكن • وقلت الاصابة بالتيفود والأمراض الأخرى الناشئة عن الماء الملوث بدرجة كبيرة حينما توفرت كميات الماء النقى والمجارى الملائمة ، ووسائل التخلص من زبالة المنازل وقاذورات البواليع •

واتخذ الكثير من مثل تلك الاجراءات نتيجة لتشريع الصحة العامة الذى صدر عام ١٨٤٨ والذى أنشئت بمقتضاه مصلحة حكومية جديدة هى مصلحة الصحة العامة • وقد صدر هذا التشريع نتيجة للأبحاث التى قامت على قدم وساق بواسطة تلاميذ جيرين بنثام عن أحوال المساكن وصحة سكان المدن الكبرى الفقراء •

وكانت احدى مهام المصلحة الاحتفاظ بسجلات للمرضى • وحينما بدأت المصلحة مهامها تفشى مرض الكوليرا فى انجلترا عقب انتشار وباء أشد سوءا فى القارة ، وكان عدد الموتى مرعبا • ومع ذلك فان ما تجمع من بيانات كان كافيا لأن يظهر أن انتقال العدوى تم عن طريق مياه الشرب ومن ذلك الوقت فصاعدا عملت السلطات ترتيبها على امداد السكان بكميات أوفر من ماء الشرب النقى • وسرعان ما قضى على المرض • والكوليرا غير معروفة الآن فى انجلترا وفى بقاع كثيرة من بلاد أوربا • ونتج عن نواحى التقدم العلمية التى حدثت بعد هذا والتى استخدمت استخداما مباشرا فى الحاجات اليومية خدمة أخرى ندرجها الآن ضمن الصحة العامة مثل الاجراءات الوقائية ضد أمراض الماشية ، ومراقبة كميات اللبن المباعة ، وتحليل المواد الغذائية ، وفحص أطفال المدارس طبيا •

واتبعت طرق المحافظة على الصحة العامة التى اتخذتها انجلترا فى ممالك أخرى مع اختلاف فى التشريع الفعلى لكل دولة • ولكن المرض لا يعرف حدودا ، والوقاية منه ذات أهمية عالمية • ولذلك فالاتجاه الحالى هو معالجة مشكلة الوقاية من المرض لا من وجهة النظر القومية فحسب ، بل من وجهة النظر الدولية • ومن الواجب علينا أن نتعشم بخصوص

هذا كما نتعشم بالنسبة للمسائل العلمية الأخرى ان تتكاتف الأمم وتعمل سويا ٠

ويعود بنا موضوع الصحة العامة الى احدى مميزات الثورة الصناعية وهى نشأة المدن الكبرى . ويميل أولئك الذين يفكرون فى الريف كمكان لقضاء اجازة سارة لأن يعتقدوا أن شرور الحياة أصبحت بالضرورة أسوأ بعد قيام المدن الكبيرة . ولكننا نجد عند امعاننا النظر فى الحقائق أن الأمر لم يكن كذلك ، اذ أن الذين هرعوا الى المدن اصبحوا فى نهاية الأمر أيسر حالا عما كانوا من قبل . كانوا فى الريف يعيشون فى منازل ريفية رطبة غير صحيحة ، وكانت طرقهم لايمكن عبورها شتاء، وكانوا يعملون فى مواسم معينة فقط ، وكانت أجورهم ضئيلة . وساعدت مثل تلك الأحوال على ايجاد مستوى صحى منخفض ٠ وقد وجد نفس العمال هؤلاء فى النهاية عملا فى المدن طيلة العام ، وذلك على الرغم من أن أحوال العمال كانت فى مبدأ الأمر أحوالا شديدة القسوة . وكانت لديهم أيضا فى المدن فرصة أفضل للحصول على المعونة الطبية ، وعلى ذلك اعتنى بالأطفال عناية أفضل .

ان التحسينات الأولى التى تمت فى مجال العناية الصحية فى المدن، بالاضافة الى توفر كميات أفضل من مواد غذائية متنوعة ناتجة عن التحسينات التى أدخلت فى الزراعة ووجود وسائل نقل أفضل ، كل هذه كانت ذات اثر طيب فى صحة الناس . ويتضح هذا من الاحصاءات الحيوية فى ذلك الوقت . وعلى ذلك فحوالى سنة ١٧٤٠ كان معدل وفيات الأطفال فى انجلترا قبل الثورة الصناعية مرتفعا جدا ، وكان يموت من كل مائة طفل خمسة وسبعون قبل سن الخامسة ٠ أما فى مبدأ القرن التاسع عشر فقد انخفضت النسبة الى ٤١٪ وهى نسبة مرتفعة طبقا لمقاييسنا الحالية ، ولكنها تمثل تحسنا هائلا بالنسبة للاوقات السالفة .

٦ ـ التقدم فى علاج المرضى

تطلب نمو سكان المدن الكبيرة الذى أعقب الثورة الصناعية كما قد رأينا اجراءات معينة بالنسبة للصحة العامة ، وبذلك أبرز الى المقدمة مشكلة علاج المرضى برمتها . وموقف الانسان حيال المرض يتوقف باستمرار على الاعتقادات السائدة . فمثلا يضرب المريض فى وسط افريقيا علقة ساخنة حتى اليوم ، وذلك لأن المواطنين يعتقدون أن من شأن هذا أن يطرد الروح المسببة للمرض . وقد ظل الناس قرونا فى أوربا يعتقدون أن المرض راجع الى زيادة فى سخونة الدم . وتبعا لذلك فقد كان العلاج هو أخذ دم من

المريض مهما كان نوع المرض . ومن حسن الحظ أن المصابين من المرضى كانوا غالبا ما يبرأون ، اذ أن القدرة الشفائية للطبيعة عظيمة جدا . ولكننا نستطيع الآن نحن الذين نعيش فى هذا العصر أن نشعر بالامتنان لأن المنحى المعقول للعلم قد جلب معه طرقا أخرى لعلاج المرضى .

وحينما اهتدى الناس الى طريقة التجربة والمشاهدة كوسيلة لاكتشاف الحقيقة سعوا الى تطبيق مثل تلك الطرق على مشاكل المرض . ففى القرن السابع عشر مثلا أدخلت تحسينات كثيرة على تعليم طلاب الطب ، واصبح التعليم المعملى عاما فى كثير من مدارس الطب الكبيرة فى القارة ، وشجع الطلاب على مراقبة الحالات بجوار أسرة المرضى . وخلال القرن الثامن عشر اكتسب رجال العلم والأطباء الذين يمارسون المهنة رصيدا علميا عن وظائف الجسم وحينما استخدم مثل هذا العلم فى علاج المرض والوقاية منه لعب دورا جوهريا فى تقدم مدن غرب أوربا الآهلة بالسكان .

ومن المهم أن نتذكر أن العلاج الطبى كان عليه ان ينتظر تقدم العلم ليحظى بوسائل معينة . فمثلا على الرغم من أن توقيت النبض استخدمه الأطباء من زمن بعيد ، الا أنه لم يكن لديهم حتى حلول القرن التاسع عشر ساعات مجهزة بعقارب للثوانى . وكذلك فان الترمومتر الطبى وهو الآن وسيلة لاغنى عنها فى جميع حالات التمريض لم يكن ميسورا حتى ارت الكيمياء والطرق الفنية التى تحسنت كيفية صناعة زجاج يتمدد وبذلك يهيىء قراءة ترمومترية دقيقة . ولم تصنع مثل تلك الأجهزة الا فى القرن التاسع عشر . وزيادة على ذلك فان الكلوروفورم وهو اعظم المواد المخدرة نفعا لم يعزل حتى سنة ١٨٣١ ، واصبح كثير من المواد التى استخدمت فى ايقاف التعفن ، تلك المواد التى نسميها المطهرات ، ميسورة فقط عن طريق نواحى التقدم التى تمت فى الكيمياء فى القرن التاسع عشر .

وكمثل من امثلة الأبحاث المدهشة فى مجال الطب فى القرن الثامن عشر يمكننا أن نذكر عمل جون هنتر (١٧٢٨ — ١٧٩٣) الجراح وعالم وظائف الأعضاء العظيم . وكان المظنــون قبل وقت هنتر أن دراسة علم التشريح هى أساس كاف لممارسة الجراحة . وقد أدرك الناس اهمية علم التشريح للجراح منذ الالمام بما قام به فيساليوس . ولكن على الرغم من أن العلم بمواضع العظام والعضلات كان أمرا ضروريا ، الا أن هنتر أكد اهمية علم الانسان بالجسم بوصفه شيئا حيا يتواءم مع مايستجد من الظروف . وأجرى هنتر تجارب ودراسات مستفيضة على الحيوانات البرية والطيور والأسماك والحشرات التى كان يحتفظ بها فى منزله فى كنسنجتون لمجرد غرض اكتشافه علاقة التكوين بوظائف اعضاء الجسم الحى .

وكان مدى أبحاث هنتر هائلا ، وستعرض لنا فرصة للاشارة لما قام به مرة ثانية . وسنذكر هنا فحسب مثلا لاكتشاف قام به استخدمه فى تخفيف ويلات الجنس البشرى . فمن بين ما أولع به هنتر من مواضيع علم وظائف الأعضاء نمو العظام والأجزاء الصلبة الأخرى من الجسم . وقد بحث ذات مرة عن كيفية نمو قرون الوعل المتشعبة . ونتيجة لذلك علم أنه لو قطع شريان الدم الرئيسى الذى يحمل الدم الى القرن النامى ، فان الشرايين الأصغر منه المجاورة له تكبر بسرعة ، وبذلك تؤدى المهمة التى كان يقوم بها الشريان الأكبر من قبل .

وقد أرى هذا الكشف هنتر أن الجسم الحى يستجيب كطبيعته التى جبل عليها الى نداء الحاجة . وأدى استعماله لهذا الكشف الى ايجاد طريقة ناجحة لاجراء عملية لشفاء المرض المميت المعروف بالتمدد الشريانى . وكانت الطرق العادية للعلاج فى أيام هنتر هى اما استئصال الورم الذى كان يعوق سريان الدم ، أو بتر العضو . وقد ثبت أن كلتا هاتين الطريقتين مميتتان فى تلك الأيام . ومع ذلك فان هنتر الذى كان واثقا مما تعلمه من دراساته التى قام بها للغزال لم يفعل شيئا الا أن ربط الشريان فوق موضع الورم ، تاركا محتويات الورم يمتصها الجسم . وبذلك تحاشى العدوى الناتجة عن مبضع الجراح . وبعد وقت قصير شفى المريض ، اذ استمر سريان الدم الى الجزء الأسفل من العضو عن طريق اتساع الشرايين الصغيرة المجاورة . وما زال الجراحون يستعملون حتى اليوم هذه الطريقة فى اجراء العمليات التى كان هنتر أول من كشف النقاب عنها .

ولم يقم هنتر بأبحاثه الطويلة ليشبع نهمه لاكتساب معلومات عن الأشياء الحية فحسب ، ولم يكن جراحا ذا خبرة واسعة فقط ، ولكنه كان معلما كذلك . ومن بين تلاميذه ادورد جينر (١٧٢٩ ــ ١٨٢٣) الذى كرس حياته لايجاد علاج للجدرى . ولم يغب الجدرى اطلاقا عن انجلترا طيلة القرن الثامن عشر ، وكان أكثر انتشارا بكثير فى أوربا الشرقية وآسيا . وكان الجدرى ولا يزال مرضا يختلف كثيرا فى شدة الاصابة به . وقد وجد الناس بالتجربة أنهم اذا شفوا من اصابة ، فانهم يكتسبون مناعة ضد اصابة أخرى . ونتيجة لذلك حاول الناس حينما تحدث الأوبئة ، وكانوا يرون الموت أمام أعينهم أن يحصلوا بصورة مخففة على المرض . وحدث أن كانت تستعمل فى الشرق منذ زمن طويل طريقة مباشرة لنقل صورة مخففة من المرض من شخص لآخر .

وقد شاهدت السيدة ميرى وورتلى مونتاجو (١٦٨٩ ــ ١٧٦٢) الكاتبة وزوجة السفير الانجليزى فى القسطنطينية هذه الطريقة وهى تمارس . وعند عودتها الى انجلترا أوصت باتباع هذه الطريقة هناك .

وقد اتبعت بعد ذلك لا فى انجلترا فحسب بل افى القارة كذلك وبين المستعمرين إفى أمريكا .

ومع ذلك فقد كان اكتشاف وقاية حقيقية ضد المرض المخيف يرجع الفضل فيه الى ادوارد جينر الطبيب وأحد أهالى جلوسسترشير . لقد لاحظ جينر خلال ممارسته لمهنته فتاة تعمل فى حلب الألبان مصابة بمرض يشبه الجدرى نوعا ما . وكان المعتقد من زمن طويل بين عمال حلب الألبان أن الاصابة بمرض معين يصيب البقر كانت تقى الانسان من أية اصابة بالجدرى المخيف . ولاحظ جينر بما امتاز به من دقة الملاحظة مرضين متميزين بين البقر ورسخ فى ذهنه مدة طويلة أن مرضا واحدا من هذين هو الذى كان يسبب الوقاية من الجدرى بذل أقصى ما أمكنه لجمع المعلومات، وبعد ذلك انتظر حتى تسنح له فرصة اختبار وجهات نظره . وفى النهاية قام بتجربة جريئة : أخذ قيحا من قروح فى يد فتاة تعمل فى حلب اللبن ، ذلك القيح الذى اعتبره راجعا الى جدرى البقر الحقيقى ، وطعم به ذراع صبى ، وبناء عليه ظهرت على الصبى أعراض المرض الخفيفة ، وطعم جينر هذا الصبى بالجدرى بعد ذلك ببضعة شهور فلم تظهر عليه أعراض المرض وكانت هذه حالة مباشرة كشفت عن قيمة هذا التطعيم . وبعد تجارب متكررة شعر جينر بأنه كان على حق فيما توصل اليه من نتائج .

وقاسى جينر الكثير من مقلديه الذين لا ضمير لهم ، وأسىء الى سمعته بواسطة اتباعه المزعومين الذين لم يعتنوا بالحصول على المادة الصحيحة للتطعيم . ومع ذلك ففى النهاية حظى هذا الكشف بالاعتراف الذى كان يستحقه ، وأصبحت طريقته معروفة باسم التطعيم ، وسرعان ما طبقت فى أنحاء العالم المتمدين كله . وكان لكشفه هذا أهمية هائلة لا لأنه خلص العالم من مرض مرعب فقط ، بل لأنه فتح طريقا جديدا لعلاج أمراض أخرى .

وقد نتجت احدى التحسينات الكبرى التى أدخلت على رعاية المرضى من بناء كثير من المستشفيات الكبيرة فى انجلترا ، وفى القارة فى السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر . وعلى ذلك فان مستشفى سانت بارثلميو التى أعيد تأسيسها فى حكم هنرى الثامن أعيد بناؤها فى القرن الثامن عشر ، كما شيدت مستشفيات كثيرة جديدة . وعلى الرغم من أن هذه لم تكن مجهزة تجهيزا لائقا حسب مقاييسنا الحالية ، فانها قامت بالكثير من ناحية حفظ صحة الناس خلال السنين القاسية التى تميز بها بدء عهد التصنيع .

وكان انشاء المزيد من المستشفيات علامة ميزت الحركة الانسانية التى ظهرت أواخر القرن الثامن عشر ، والتى أعلنت عن نفسها أيضا

فيما بذله الأفراد من مجهودات لتعليم الفقراء . أن سير الحياة على قاعدة سليمة يعادل في أهميته الخدمات التى يؤديها الطبيب فى رعاية المرضى، ولذلك فقد نتج تقدم كبير بسبب خمود الجهل والخرافات نتيجة لانتشار العلم . وكان اصلاح مهنة التمريض احدى نتائج التعليم . وفى امكاننا اذا ابتدأنا بالعمل الخير الذى قامت به اليزابيث فراى (١٧٨٠ — ١٨٤٣) أن نقتفى أثر التمريض مبتدئين بجماعة الاخوات الممرضات الى التقدم العظيم الذى تم تحت رعاية فلورنس نيتنجيل (١٨٢٠ — ١٩١٠) .وقصة فلورنس نيتنجيل معروفة تماما . ولكن ليس مما يدرك دوما القدر الذى تسهم به خدمة تمريضية مجدية فى حفظ صحة سكان جميع البلاد المتمدينة .

ونتنقل الآن بقصتنا الى القرن التاسع عشر ، الى وقت أثر العلم فيه على جميع طبقات السكان فى أوربا الغربية . وكان العلم قبل الثورة الصناعية مطلب فئة قليلة من العلماء . ولكن العلم دخل بطريقة غير مباشرة الى حياة كل فرد بعد استخدام بعض من النتائج التى وصل اليها فى مقتضيات الصناعة . وكان هناك قبل هذا باحثون علميون أكثر بكثير ، وكانت نواحى التقدم منذ بداية القرن التاسع عشر متعددةالنواحى بدرجة أن قصتنا لايمكن بعد هذا أن تسلك سبيلا واحدا . ولذلك يجب علينا أن نسير فى طرق متشعبة ، ونبحث بعضا من هذه النواحى التى حدث فيها تقدم هائل ، كل منها على حدة . وسنرى أن الاكتشافات التى تمت فى الكيمياء والكهرباء ، وفى دراسة الحرارة والطاقة ودراسة الأشياء الحية كان لها تأثير قوى لا فى الصناعة وحدها ، بل فى حياة الناس اليومية كذلك .

الفصل الثامن

أسس الكيمياء

١ ـ طبيعة الهواء والماء

لقد رأينا كيف أن المشتغلين بالتجارب العلمية فى القرن السابع عشر وعلى الأخص بويل كشفوا النقاب عن كثير من الحقائق الخاصة بالهواء . لقد أثبتوا أن له وزنا ، وأنه من الممكن انضغاطه ، وأنه من الممكن أيضا أن يكون له ضغط عظيم . وبينوا كذلك أن كلا من النباتات والحيوانات تحتاج الى الهواء لتحيا . ومع ذلك وحتى ذلك الوقت كانت الأفكار عن تكوين الهواء أفكارا مشوشة بدرجة كبيرة . كان الكثيرون لا يزالون يعتقدون أنه أحد العناصر الأربعة : التراب ، والهواء ، والنار ، والماء . ولم تكن لدى أحد فكرة واضحة عن الغازات فيما عدا الهواء . وأدت تجارب بويل به الى الظن بأن ما هو ضرورى من الغلاف الجوى للتنفس انما هو جزء منه فقط ، وأن الهواء ، بصرف النظر عن كونه عنصرا ، خليط من غازات عدة . ولكن البرهان القاطع على ذلك لم يتيسر الا بعد مائة عام بعد ذلك .

وقد حدث تقدم هائل فى هذه الناحية بواسطة جوزيف بلاك من جلاسجو وكان صديقا لوات . وبعد أن قام بلاك بدراسة مفصلة لتغيير كيمائى مألوف ، الا وهو تحويل القلويات الكاوية الى قلويات خفيفة بتعريضها للهواء ، عزل غازا جديدا أطلق عليه لفظ الهواء الثابت ، وبرهن أنه احدى المكونات العادية للغلاف الجوى ، وعرفه فيما بعد باسم ثانى اكسيد الكربون .

أما الخطوة التالية فالفضل فيها يرجع الى الكاهن الموحد جوزيف بريستلى (١٧٣٣ ـ ١٨٠٤) . ولبريستلى سجل مشرف من التجارب فى الكيمياء والكهرباء وكان كذلك مدرس لغات ومؤلف كتيبات مدرسية .

ومن تجاربه الكيميائية التى قام بها تجربة لاختبار تأثير الحرارة على كلس (١) الزئبق الأحمر . سخن بريستلى الكلس الأحمر عن طريق تجميع أشعة الشمس بواسطة عدسة حارقة قوية . ومما أثار دهشته انه لاحظ تكون زئبق براق ، وانبعاث هواء لا لون له . ووجد أن الهواء الجديد مكن موادا مثل الفحم النباتي والكبريت ، كما مكن شمعة من الاشتعال فيه بتوهج أكبر بكثير مما لو كانت هذه المواد قد اشتعلت فى الهواء العادى .

وطبيعى أن بريستلى أراد اعطاء اسم لغازه الذى عثر عليه حديثا . وكان الناس فى ذلك الوقت يعتقدون أن احتراق أى شىء يصحبه افتقاد عنصرى نارى يسمى اللاهوب (٢) . واعتقد بريستلى عندما لاحظ مساعدة هذا الغاز الجديد الأشياء على الاحتراق أنه يساعد هذه الأشياء حتما على التخلص من لاهوبها . ولكى يمتص هذا الغاز اللاهوب بهذه السهولة يجب أولا أن يكون خاليا تماما . ولذلك سماه « الهواء الخالى من اللاهوب » ، وهو اسم شديد الالتواء .

وسرعان ما ظهرت بعد كشف بريستلى ثلاثة أبحاث فى مجلة المقررات الفلسفية للجمعية الملكية تصف تجارب أجريت بغاز كان يدعى الهواء القابل للاشتعال ، وهو ما نعرفه اليوم باسم الأيدروجين . وقد قام بالأبحاث عالم ثرى كرس حياته للعلم وهو صاحب الفخامة هنرى كافنديش (١٧٣١ – ١٨١٠) الذى اشتهرت نتائجه ببعد مداها ودقتها .

حضر كافنديش هواءه القابل للاشتعال باذابة الزنك فى أحماض . لقد وجد أن نفس وزن الزنك يولد نفس حجم الغاز من أحماض مختلفة . وعند تفجير مزيج من هواء قابل للاشتعال وهواء عادى لاحظ نقصا فى الحجم وراسبا من ندى داخل الاناء . وبعد ذلك قام بعدة قياسات دقيقة فى كل من حالتى النقص فى الحجم ، والحجم المتبقى بعد الانفجار . ومن هذهالأرقام استنتج أن خمس الهواء العادى مع الهواء القابل للاشتعال كله تكثف وكون ندى . وأوضحت النتائج ما يأتى :

١ – ان الهواء يتكون على الأقل من غازين مختلفين تمام الاختلاف(٣)

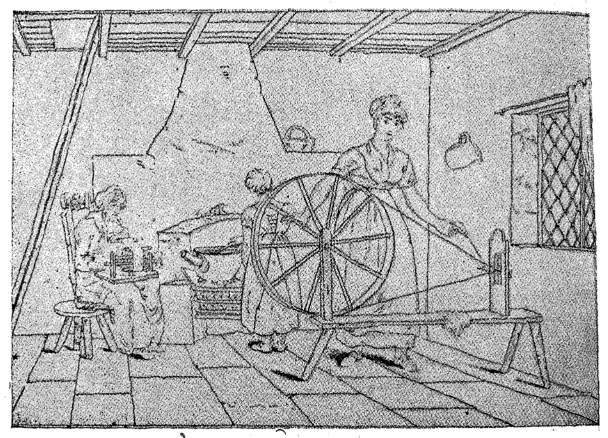
---

(١) أكسيد الزئبق ، وينتج من اتحاد الزئبق بالاكسجين (المترجم)

(٢) مادة نارية اعتقد القدماء وجودها فى الأجسام (المترجم)

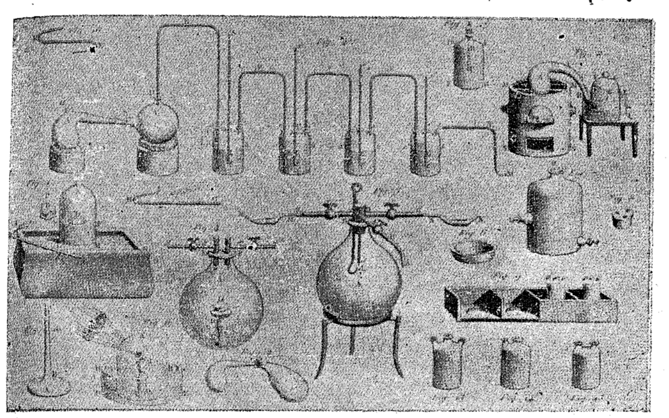
(٣) عندما سمع كافينديش من هواء بلاك الثابت قاس كثافته ومقدار قابليته للذوبان فى الماء ، ووجده مادة مختلفة تماما عن الهواء العادى . وهكذا كشف عن وجود غاز ثالث فى الهواء الجوى .

لوحة رقم ١٩



منزل ريفى على نمط الأحوال السائدة قبل المنزلى فى نفس الوقت
النسـاء يسـاعدن فى الغزل ويقمن بعملهن الثورة الصناعية

لوحة رقم ٢٠



معمل لافوازييه

٢ ـ أن الماء ليس عنصرا ، كما ساد الاعتقاد قرونا ، ولكنه مركب من هواء قابل للاشتعال وخمس الهواء الجوى .

حينئذ كرر كافينديش تجاربه مستعملا هواء بريستلى الخالى من اللاهوب ، بدلا من الهواء العادى . لقد قام بتفجير مخاليط مكونة بنسب مختلفة من الهـواء القابل للاشتعال والهـواء الخالى من اللاهوب . وكان فى كل حالة يقيس حجم الغاز المتبقى . وبهذا استنتج أن المـاء مركب من هذين الغازين . وكان يظن أن خمس الهواء الجوى مكون من الهواء الخالى من اللاهوب ، وأن الهواء القابل للاشتعال هو لاهوب نقى .

وكانت النتائج التى وصل اليها كافينديش نتائج حاسمة ، وذلك بسبب دقة تقديراته . ومع ذلك فان شرف اثبات طبيعة الهواء المركبة يجب أن يتقاسمه كل من كافينديش ، وجيمس وات الذى وجد ، علاوة على عمله فى الآلة البخارية ، وقتا لتتبع تقدم الكيمياء ، وقام باجراء تجارب لنفسه . وتوضح لنا المراسلات التى تبودلت بين وات ، وبريستلى أن وات كان مقتنعا بطبيعة الماء المركبة قبل نشر النتائج التى وصل اليها كافينديش سنة ١٧٨٤ .

وخلال السنين الوسطى من القرن الثامن عشر تمكن صيدلى سويدى غير نابه يدعى ويلهلم سيكيل (١٧٤٢ ـ ١٧٨٦) من عزل عـدد كبير من المركبات الكيماوية . وقد حصل أيضا ، وهو يعمل مستقلا تماما عن غيره ، على غاز يتفق مع غاز بريستلى بتسخينه النتر(١) . وخلال هـذا الوقت كان الكيمائيون يتعلمون طرقا معملية مفيدة علاوة على كشفهم حقائق جـديدة ، فقد توصلوا مثلا الى معـرفة تجميع الغازات فوق المـاء أو الزئبق ، وتجفيف الغـازات بامرارها فوق كربونات البوتاسـيوم المجفف ، واستعمال الميزان بطريقة أفضل . ومع ذلك كانت آراؤهم مشوشة ، وذلك لوجود كثير من الحقائق الجديدة التى كانت تتناقض مع نظرية اللاهوب القديمة ، على الرغم من أنه لم يكن هناك حتى هذا الوقت نظرية تفضلها يسيرون بمقتضاها . وفوق ذلك لم يكن لديهم خطة معترف بها لتسمية المركبات . ولذلك ففى الغالب لم يكن أحد من الكيمائيين يعرف ما يتحدث عنه الآخر . وقد انتهت ربكتهم ووضعت الكيمياء على أساس متين بفضل ما قام به الكيمائى الفرنسى ، لافوازييه (١٧٤٣ ـ ١٧٩٤) .

---

(١) نترات البوتاسيوم (المترجم)

٢ ــ عمل لافوازييه فى الاحتراق

قام لافوازييه باكتشافاته فى المعمل الملاصق لترسانة باريس ، حيث اعتاد الاشراف على اعداد البارود . وهناك زاره بريستلى الذى أخبره عن هوائه الخالى من اللاهوب . وحوالى عام ١٧٧٠ بدأ لافوازييه سلسلة أبحاث عن الاحتراق . لقد اكتشف أننا نحصل باشعال الفسفور فى كمية محددة من الهواء على مسحوق أبيض ، ويتبقى حوالى أربعة أخماس الهواء الأصلى ، وأن الهواء المتخلف لا يمكن أن يشتعل شىء فيه أو تتنفسه الحيوانات .

وبعد ذلك وجه عنايته الى الاحتراق البطىء أو تكلس(١) القصدير والرصاص . وكان معروفا من زمن طويل وجود زيادة بسيطة أثناء هذه العملية ، الكلس المتخلف الذى يبلغ وزنه أكثر من المعدن الأصلى . وكانت هذه بالطبع حقيقة أحرجت المؤمنين بنظرية اللاهوب ، الذين اضطروا أن يؤكدوا أن اللاهوب به عنصر خفة أو وزن سلبى ، وعلى ذلك فحينما ينبعث من الجسم يتركه أثقل من ذى قبل . وكان رأى لافوازييه أن هذه الفكرة فكرة سخيفة ، وكان متيقنا أن الزيادة فى الوزن يجب أن تكون راجعة الى اضافة شىء ما .

حينئذ وضع أفكاره فى محك الاختبار . اخذ قنينة زجاجية موزونة ، ووضع داخلها كمية هواء موزونة ، وأغلق القنينة اغلاقا محكما ، وبعد ذلك سخنها لبضع ساعات وتركها تبرد . ثم وزنها مرة ثانية ، ولكنه لم يلاحظ تغيرا . وعند فتحه القنينة سمع اندفاع هواء الى الداخل . وعند اعادة وزن القنينة وجد زيادة فى الوزن . وعند وزنه كلس القصدير غير المتغير ، وجد زيادة فى الوزن مساوية لوزنه الهواء الذى اندفع الى داخل القنينة . وكانت هذه نتيجة تستحق الملاحظة بدرجة كبيرة .

وكانت تجربة لافوازييه الحاسمة تتخلص فى أنه قام بتسخين وزن معروف من الزئبق ملامس لحجم مقاس من الهواء مدة اثنى عشر يوما . وفى نهاية تلك المدة لاحظ نقصا فى حجم الهواء ، ووزن كلس الزئبق الأحمر الناتج . ووجد أن الهواء المتخلف لا يساعد على الاحتراق وأن الحيوانات لا يمكنها التنفس فيه . وبعد ذلك سخن الكلس الأحمر ، وحصل منه على الحجم المضبوط من الهواء الذى سبق امتصاصه ،

---

(١) ترسب أملاح الكلسيوم (المترجم)

ووزن الزئبق الذى بدأ به . اذن فقد كانت كل الحقائق معـدة لايجاد نظرية لافوازييه فى الاحتراق التى يمكن تلخيصها فيما يلى :

١ ــ يتكون الهواء من غازين على الأقل ، أحدهما يتحد بالمعـادن اثناء التكلس ، مما ينتج عنه زيادة بسيطة فى الوزن .

٢ ــ أن الهواء ضرورى لكل احتراق .

٣ ــ أن كلس المعدن ليس عنصرا ، ولكنه مكون من المعدن وهـذا الهواء .

ولاحظ لافوازييه أنه حينما تبل تلك المواد التى تتخلف بعد احتراق الكبريت والفوسفور تنتج موادا ذات طابع حمضى . ولذلك غير اسم « الهواء الخالى من اللاهوب » المعقد الى كلمة بسيطة هى اكسجين التى تعنى المبـدأ التحميضى . وسمى هواء كافينديش القـابل للاشـتعال « ايدروجين » .

واستعمل لافوازييه كلمة عنصر للدلالة على جسم يتركب ، على قدر ما نعرف من تجاربنا ، من نوع واحد من المادة فقط التى لم نقسمها الى ما هو أبسط منها . ويتفق هذا مع وجهة نظر بويل وفى الحقيقة مع أفكارنا اليوم .

وعللت نظرية لافوازييه فى الاحتراق كل الحقائق المعروفة ، وكانت الضربة المميتة لنظرية اللاهوب الغامضة . وبدأ لافوازييه أيضا مراجعة الأسماء التى على المركبات الكيماوية . وقبل وقته كانت هناك بلبلـة كبيرة ، اذ كانت الأسماء لا تشير الى تركيب المادة ، وغالبا ما كان لنفس المادة عدة أسماء متباينة . ولذلك قدر لافوازييه واتباعه أنه من الواجب ان يبين اسم المركب كيفية اشتقاقه . وأوضح أن النظام المثالى للتسمية يجب أن يكون نظاما تعبر الكلمات فيه عن أفكار تذكر الانسان بالحقائق . وهذا صحيح بالنسبة لمسمياتنا الكيماوية الحاضرة . فمثلا يبين اسم كبريتيد الحديد مركبا من حديد وكبريت ، ويذكر المرء بأنه يمكن تكوين هذا المركب من الاتحاد المباشر لهذين العنصرين .

وقد نظم عمل لافوازييه دراسة الـكيمياء . وتقدمت الـكيمياء ، بخطى حثيثـة بفضل نظرية الاحتراق المعقولة ، ووضع نظام واضـح للتسمية ، وأجراء تجارب قائمة على دقة الوزن والقياس . ولم يعش لافوازييه الا سنين قليلة ليتمتع بثمار مجهوداته . لقد عاش خلال صخب الثورة الفرنسـية وما أريق من دماء فيها . وقد سيق ذلك الذى كان فى استطاعته أن يسبغ على اسم العلم مجدا اضافيا الى المقصلة سـنة ١٧٩٤ اذ قيل أن الجمهورية ليست فى حاجة الى علماء .

٣ ـ نظرية دالتون الذرية

ان التقدم العلمي كما ذكرنا من قبل لا يتلخص فى مجرد جمع الحقائق ، اذ أن الخيال والتخمين يلعبان فيه دورا جوهريا . ويتجلى هذا فى الخدمات التى أسدتها نظرية جون دالتون (١٧٧٦ ــ ١٨٤٤) الى الكيمياء .

كان دالتون ابن نساج يدوى من كمبرلند ، وظل يعمل مدرسا عدة سنين . ولم يترك له عمله اليومى الا قليلا من الفراغ . ومع ذلك قرأ كثيرا فى الرياضيات والطبيعة ، وأصبح متفقها بدرجة كبيرة فى مؤلفات نيوتن . ونتج عن ذلك أن ألم دالتون بفكرة الذرات التى شغلت بال نيوتن كثيراً .

ان كلمة ذرة تعنى شيئا لا ينقسم . وقد استعملت زمنا طويلا طويلا لتدل على الجسيمات النهائية التى تقبل التجزئة والتى تتكون الأجسام كلها منها . وترجع الفكرة الى الاغريق الذين عاشوا فى القرن الخامس قبل الميلاد . ولكن هنا يقع الخلاف ، اذ أن هذه الفكرة كانت عند الاغريق مجرد تخمين موفق ، ولا شيء غير ذلك . أما فكرة دالتون فكانت من الناحية الأخرى فرضا مبنيا على استنتاجات منطقية جرت على النسق الآتى :

دعنا نفترض وجود ذرات لها خاصيات مختلفة ، وحينئذ دعنا نرى الى أين ستؤدى بنا هذه الفروض . وقد أدى بنا فرضه الى اكتشاف حقائق معينة عن الاتحاد الكيميائى . وأدت به هذه الحقائق الى مشاهدات جديدة أكدت كلها فرضه الأصلى . وهكذا فان اكتشاف قوانين الاتحاد الكيميائى لم يقم على تجميع الحقائق ، بل قام على افتراض . وهذه طريقة مناقضة تمام المناقضة للطريقة التى وضعها بيكون .

وكان دالتون يرى أن الذرات انما هى كريات صغيرة تختلف عن بعضها البعض فى الوزن ، وصور الاتحاد الكيمائى على أنه اتحاد للذرات ، اما اتحاد ذرة بأخرى ، أو ذرة بذرتين ، أو اثنتين بثلاث ، وهكذا ، ولكن الاتحاد فى جميع الحالات يحدث بين ذرات بأكملها ، حيث كان من المعتقد أن الذرات لا يمكن افناؤها أو تقسيمها . وقد صور أبسط حالة من حالات الاتحاد الكيمائى بأنه اتحاد ذرة من عنصر وليكن (أ) مع ذرة من عنصر آخر وليكن (ب) . وبافتراض أن وزن (أ) المذكور يساوى وزن (ب) اثنتى عشرة مرة ، فقد كان دالتون يستنتج بناء على هذه أن كل ذرة من عنصر (أ) تزن اثنتى عشرة مرة قدر كل ذرة من

عنصر (ب) . وقد عرف طبعا أنه ليس فى مقدوره وزن ذرات مفردة بميزان . ولكن وجهة نظره هذه عن التغير الكيمائى هيأت له الوسيلة لاكتشاف كم مرة تزن ذرة قدر ذرة أخرى . وبمعنى آخر اعطاه ذلك أوزانا نسبية لا أوزانا فعلية .

وأصبح وزن الذرة بالنسبة لوزن ذرة الأيدروجين الذى يرمز اليه برقم ١ يعرف بالوزن الذرى . وكانت تجارب دالتون الخاصة تجارب لا تتميز بالدقة التامة . ولقد تبين أيضا نقطة ضعف فى تحديده الأوزان الذرية . ولم يهتد الى طريقة للكشف عن كيفية اتحاد الذرات بعضها مع بعض ، أهى تتحد الواحدة مع الأخرى ، أو تتحد ذرة مع اثنتين ، وهكذا . وقد أثار هذا شكا فيما اذا كانت القيمة التى قدرها للوزن الذرى صحيحة ، أو هل من الواجب ضربها × ٢ أو × ٣ وهكذا ، أو قسمتها بهذه الطريقة ، وقد أوضح خلفاؤه هذا التشكك توضيحا تاما . واوضح دالتون فى نفس الوقت الطريق القويم الذى يسلكونه .

ويمكننا تلخيص نظرية دالتون فيما يلى :

١ ـ كل مادة تتكون من أعداد هائلة من جسيمات متناهية فى الصغر ، تدعى ذرات .

٢ ـ الذرات غير قابلة للفناء ، وينتج عن هذا انه لا يمكن أن يكون هناك فناء نهائى لأية أشياء مادية ، وهذا ما نعرفه باسم قانون بقاء المادة .

٣ ـ لذرات المواد المختلفة أوزان مختلفة .

٤ ـ الاتحاد الكيمائى هو عبارة عن اتحاد الذرات ، ويتبع هذا أن يحتوى نفس المركب باستمرار على نسب العناصر التى يتكون منها (١) . وتعرف هذه النتيجة بقانون النسب الثابتة .

٥ ـ وبما أن الذرات فرضا لا يمكن تقسيمها ، فانه يجب أن تتحد ذرة من أحد العناصر بذرة ، أو ذرتين ، أو أكثر من الذرات الكاملة لعنصر آخر . ونتيجة لذلك فعند اتحاد عنصرين ليكونا عدة مركبات مختلفة (٢) ، فان الأوزان المختلفة للعنصر الواحد التى تتحد مع وزن

---

(١) فملح الطعام مثلا سواء تكون من عناصره فى المعمل ، أو استخرج من المناجم ، أو نقى من ملح البحر ، يحتوى دائما على عنصرى الصوديوم ، والكلور متحدين سويا بنفس النسب وزنا .

(٢) ونذكر لذلك مثلا أكسيدات النيتروجين الخمس ، وأكسيدى النحاس .

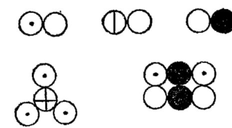
معين للعنصر الآخر ، يكون بين بعضها البعض نسبة عددية بسيطة . وهذه النتيجة هي ما نعرفها اليوم بقانون النسب المتضاعفة .

ونشرت نظرية دالتون وتقديراته للأوزان الذرية سنة ١٨٠٨ ، فى كتاب عنوانه « نظام جديد للفلسفة الكيماوية » . وقد أثارت النتائج التى وصل اليها اهتماما بالغا . لقد وجد الكيمائيون أن الاستنتاجات الرئيسية المستقاة من نظريته تتفق مع نتائج مستقاة من تجارب أخرى . وسرعان ما اعترف الناس بقيمة عمله ، وانهالت عليه ألقاب الشرف من بلاد عديدة .

ومع ذلك بقى دالتون كوكريا(١) متواضعا سليم الطوية الى آخر أيامه . انه لم يسع الى الاعتراف بفضل من رجال العلم فى العالم . حقا لقد زاره عالم فرنسى فكان عليه أن ينتظر حتى فرغ دالتون من مد يد المعونة لصبى باعطائه نقودا من لديه .

٤ ـ تقدم النظرية الذرية

اعتاد دالتون في توضيحه لبراهينه أن يمثل الذرات بصور على شكل دوائر أو نقط (شكل ٢٨) . ولابد أن كانت هذه عملية مضنية



(شكل ٢٨)

نوع الرموز التى استعملها دالتون

جدا . ونحن نستعمل الآن رموزا أكثر سهولة بكثير وهى الحروف ، وهى عادة الحروف الاولى من الاسماء ، مثل ك للكربون ، ويد ٢ للايدروجين ، وكب للكبريت ، و أ٢ للأكسجين . وهى طريقة يعرفها دارسو الكيمياء في جميع أنحاء العالم . انها لا تهيىء لنا اختزالا سريعا فحسب ، بل انها وسيلة للتعبير عن النتائج التجريبية أيضا . ويرجع اتخاذ الحرف الأول

(١) الكوكريون هو الاسم الذى يطلق على جماعة الاصدقاء وهى طائفة دينية بروتستينية أسسها جورج فوكس فى القرن السابع عشر . وهى لاتعترف بالتعميد ، ولا بالعشاء الربانى ، وتعارض القسم بالايمان ، ويتميز الكوكريون ببساطة هندامهم وتجنب ألفاظ التفخيم فى حديثهم (المترجم)

كرمز لعنصر الى الكيمائى السـويدى بيترتزيليس (١٧٧٩ ـ ١٨٤٨) الذى قام كذلك بتحليلات دقيقة أكدت قوانين النسب الثابتة ، والنسب المتضاعفة ، وضمنت بذلك اعتناق النظرية الذرية اعتناقا عاما • وترجع الخطوة العظيمة التالية الى كيمائى ايطالى يدعى أماديو أفوجادرو (١٧٧٦ ـ ١٨٥٦) •

وبدأ الكيمائيون فى جميع أنحاء أوربا المختلفة يقومون بنصيبهم فى تأييد النظرية الذرية لدالتون • وقامت التجارب على قدم وسـاق ، وتتابعت بسرعة احداها فى أعقاب الأخرى • وكان أفوجادرو من بدء الأمر من المؤمنين ايمانا عميقا بالنظرية الذرية • وكان يعلم من التجارب التى قام بها الكيمائى الفرنسى جيى لوساك (١٧٧٨ ـ ١٨٥٠) أن الغازات تتحد سويا بنسب بسيطة ـ أى أن قدما مكعبا من غاز يتحد مع نصف قدم مكعب من غاز آخر ، أو مع قدمين مكعبين ، أو مع ثلاثة • ويعبر بعدد صحيح عن النسب بين الأحجام • وجعلت هذه النتيجة أفوجادرو يمعن التفكير • فتصور اتحاد الغازات فى ذهنة ، وميزبين الذرات بصـفتها أصغر الجسيمات التى تقوم بدور فى التغير الكيمائى وبين الجزيئـات كأصغر جسيمات يمكن أن توجد على حدة • ورأى أنه اذا احتوت مقادير متساوية الأحجام من جميع الغازات فى نفس الظروف عددا متساويا من الجزئيات ، فان ذلك من شأنه أن يبين السبب الذى من أجله تتحدد الغازات بمثل تلك النسب الحجميـة البسيطة ، ويوضح أيضـا بعض النتائج الأخرى المحيرة للألباب (١) .

وعلى ذلك فقد عرف أن حجما واحدا من النيتروجين يتحد مع حجم مسـاو له من الأكسجين ليعطى فى نفس الظـروف حجمين من أكسـيد النيتريك • وأدرك أفوجادرو أن الحجم الواحـد من النيتروجين لا بد أنه كان يحتوى على نفس العدد من ذرات النيتروجين الموجـود فى حجمى أكسيد النيتريك • ويجب طبقا لفرضه أن يحتوى حجما أكسيد النيتريك ضعف عدد الجزيئات التى كانت فى الحجم الواحد من الأيدروجين أو من الأكسجين • وعلى ذلك ينتج أن جزيئات كل من هذين الغازين تتكون من ازدواج ذرى ، بينما يتكون جزء أكسيد النيتريك من ذرة واحدة من الأكسجين متحدة بذرة واحدة من النيتروجين •

ووجد أيضا من التجارب أن حجمين من الأيدروجين يتحدان مع حجم من الأكسجين لتكوين حجمين من البخار مقاسين تحت نفس الظروف •

---

(١) ان افتراض أفوجادرو غالبا ما يعرف بفرض أفوجادرو ، وهو الآن جزء جوهرى من النظريات الفيزيائية الحديثة .

وعلى ذلك فان ثلاثة أحجام قبل اتحادها أعطت حجمين فقط بعد الاتحاد. وكانت هذه مشكلة محيرة أخرى . ويحتوى كل من حجمى الأيدروجين وحجمى البخار طبقا لفرض أفوجادرو على نفس العدد من الجزيئات . وعلى ذلك يجب أن يكون عدد ذرات الأكسجين ، وعدد ذرات الأيدروجين واحدا قبل الاتحاد وبعده . ولكن يجب أن توزع ذرات الأكسجين بين عدد من جزيئات البخار يساوى ضعف عدد الجزيئات التى كانت بالأكسجين . ومن الواضح امكا نهذا فقط لو أن كل جزىء أكسجين ، وكل جزىء أيدروجين يتكون من ذرتين ، وبذلك يكون كل جزىء بخار مكونا من ذرتى أيدروجين متحدتين مع ذرة أكسجين . ويمكن التعبير عن هذه المعادلة بما يأتى :

٢ يد٢ + أ٢ ⟵ ٢ يد٢ أ

أى (٢) أيدروجين + (١) أكسجين يكونان ماء

وباتباع طرق دالتون قدر الكيمائيون الوزن الذرى للأكسجين برقم ٨ مفترضين كما فعل دالتون أن ذرة من الأيدروجين تتحد مع ذرة من الأكسجين . ومع ذلك فبعدأن بين أفوجادرو أنذرتين من ذرات الأيدروجين تتحدان مع ذرة أكسجين واحدة ، فقد اتضح وجوب مضاعفة التقدير ، واعتبار الوزن الذرى للأكسجين ١٦ .

وقد أمدت نظرية أفوجادرو الكيمائيين بوسيلة لايجاد الأوزان الذرية بشكل مؤكد مقبول ، ولكنهم لم يستفيدوا منها فى الحال ، فقد أخذت وجهات نظره وقتا طويلا لتصل البلاد الأخرى بالنسبة لحال أوربا المضطربة وقت نشر نتائجه عام ١٨١١ . وعلاوة على ذلك فان كثيرا من الكيمائيين المبرزين لم يبذلوا أى جهد لتفهم أفكاره . وبعد مواراته التراب فقط صار احد مواطنيه كانيتسارو (١٨٢٦ ــ ١٩١٠) داعية له ، وأظهر أهمية نظريته بشكل مقنع على الأخص فى ايجاد الأوزان الذرية . ومنذ ذلك الوقت صارت نظرية أفوجادرو جزءا هاما من النظرية الكيماوية وهى فى الحقيقة تكمل العمل الذى بدأه دالتون .

٥ ــ استقرار الكيمياء الحديثة

ان المبادىء التى وضعها بويل ، ولافوازييه ، ودالتون ،وأفوجادرو وضعت أسس الصرح العظيم للكيمياء الحديثة . وبعد ذلك ساهم عمال أكثر فأكثر فى هذا البناء ، فأضيفت طوابق جديدة ، وشيدت أجنحة جديدة ، ولكن البناء الرئيسى قام على الأسس التى وضعت من قبل .

وكلما تحسنت الطرق التجريبية ، وجد الكيمائيون فى البلاد المختلفة تقديراتهم للأوزان الذرية متلائمة بشكل أكبر . ولذلك اتفقوا

على قيم معينة وتمسكوا بها . وبعد ذلك بذلت مجهودات عديدة لايجاد بعض الصلة بين الوزن الذرى والخواص الكيماوية . وادى التعرف على « فصائل » العناصر فى النهاية الى طريقة للتصنيف تعرف باسم القانون الدورى . وأظهرت هذه الطريقة حتى ذلك الوقت علاقات لا ريب فيها بين العناصر ، وأدت الى كشف عدة عناصر جديدة . ويمكن مقارنة مثل هذه الاكتشافات التى أسست على القانون الدورى باكتشاف الكوكب نبتون عن طريق التنبؤ المبنى على قانون الجاذبية .

واتسع مجال الكيمياء اتساعا كبيرا باستعمار آلات اكثر دقة . وعلى ذلك فكما أن جاليليو قد بحث السماء بتلسكوبه ، واكتشف اقمارا جديدة ، فكذلك درس كيمائيو أواسط القرن التاسع عشر باستعمالهم آلات اعظم دقة بكثير الضوء القادم من السماء واكتشفوا عناصر جديدة. واستعمل الكيمائيون منشورا لتحليل الضوء كما فعل نيوتن . وكان يتكون جهازهم من شريحة ينفذ الضوء خلالها ، وعدسة لجعل حزمة من الأشعة تسقط على المنشور . بعد ذلك يتحلل الضوء الى ألوان الطيف ، وبواسطة عدسة أخرى تتجمع كل الوان الطيف فى بؤرة . وعلى ذلك فقد كان الطيف يشاهد بواسطة عدسة عينية من نفس النوع المستعمل فى التلسكوبات .

واصبح مثل هذا الجهاز المكون من شريحة وعدسة ومنشور وتلسكوب يعرف باسم المطياف . وتمكن الكيمائيون بالاستعانة به من تحليل الضوء المنبعث من مصادر ضوئية مختلفة ، ومن التعرف على النوع المميز للضوء المنبعث من عناصر معينة . وبهذه الطريقة اكتشفوا وجود عناصر معروفة تماما على الأرض فى ضوء الشمس والنجوم ، وعناصر تعرفوا عليها أولا فى الشمس ثم وجدت بعد ذلك على الأرض. وقد كشف المطياف ، الذى جعله التصوير الضوئى الذى هو نفسه من نتائج البحث الكيمائى آلة أعظم دقة بكثير ، علاقات بين أطياف العناصر المختلفة مما ساعد على كشف سر الذرة ذاتها . والمطياف مثل طيب للطريقة التى تتجمع بها المعلومات من مصادر مختلفة ، وتؤدى الى تقدم جديد .

وتميزت التطورات الحديثة الكيمائية كلها بتحكم الكيمائى المتزايد فى موارده ، وبالطريقة التى رسمت له بها النظرية الخطوط التى يسير عليها فى عمله . وكان الناس يتبعون فى عملهم فى الأيام القديمة طرقا خبط عشواء ، وكانوا غير موقنين اطلاقا بأنهم سيعثرون على شىء جديد . ومع ذلك فالباحث الكيمائى الملم بالفعل بالميدان الذى يعمل فيه يسير فى طريق استقصاء محدد طبقا لقواعد مقررة تعلمها من معمل الطبيعة ذاته .

ولم يبد هذا التحكم المتزايد فى أى فرع من فروع الكيمياء أحسن مما بدا فى دراسة مركبات الكربون التى لا حصر لها . وقد بدأ التقدم فى هذا الفرع بأبحاث الكيمائى الألمانى جوستوس فون ليبج (١٨٣٠ــ٧٥) وكان مكتوبا فوق باب معمل ليبج كلمات معناها أن الله خلق كل شيء فى كونه بموازين وقدر . وكان هذا المبدأ مصدر الهام للطرق الدقيقة التى اتبعت فى التحليل الكمى الذى أوجده ليبج ، والذى أثبت به تركيب أعداد كبيرة من المركبات .

وكان المعتقد فى ذلك الوقت أن المواد التى من أصل نباتى أوحيوانى ــ أى المواد العضوية ــ تختلف اختلافا جوهريا عن تلك التى ليست من أصل حيوى ، أى المواد غير العضوية . ومع ذلك توصل فوهلر (١٨٠٠ ــ ١٨٨٢) أحد زملاء ليبج من تحضير بولينا ، وهو مركب كان حتى ذلك الوقت معروفا أنه من أصل حيوانى فقط . بخر محلولا من سيانات الأمونيوم حتى جف . وبهذه الطريقة حصل على راسب ثبت أنه يشبه البولينا شبها تاما . ومن الممكن الآن تكوين سيانات الأمونيوم أو تخليصها بسهولة من عناصرها بالمعمل . ولذلك فقد تحولت فى هذه الحالة مادة غير عضوية الى مادة عضوية بمجرد فعل الحرارة . ومع ذلك فما زلنا نستعمل لفظ الكيمياء العضوية كتعبير مناسب عن كيمياء المركبات الكربونية .

وقد اعترف بحق بأن التحول من سينات الأمونيوم الى البولينا يرجع الى اعادة تنظيم الذرات ، التى تتحد مع بعضها البعض بشكل مختلف داخل الجزيء ، بالضبط كما تجمع فرقة الرقص الواحد شمل نفسها على المسرح بطرق مختلفة . وسرعان ما كشفت الطرق التحليلية الدقيقة عن أمثلة كثيرة من المركبات لها نفس نسبة التركيب ، ويتكون بذلك من نفس الذرات ، ولكن بخواص كيماوية مختلفة . وتعرف مثل تلك المركبات باسم المتشابهات (١) . ويرمز للكحول العادى ، وأثير الديميثيل اللذين يتكون كل منهما من كربون ، وأيدروجين ، وأوكسجين بالمعادلة ك٢ يد٦ أ . ولكن هذين المركبين هما المعروفان فقط بأن لهما هذا التركيب ، وعلى الرغم من أنه قد يبدو كما لو أنه لابد من أن تكون هناك طرق أخرى كثيرة لترتيب الذرات التسع . وللكافور الذى هو مركب أكثر تعقيدا بكثير من الكربون ، والأيدروجين ، والأكسجين أكثر من مائة متشابه . ومع ذلك فيبدو أن للطبيعة هنا أيضا طرقها الخاصة فى تحديد تجمع الذرات الممكنة . وكان اجتلاء هذا السر لغزا فاتنا يستهوى رجل الكيمياء .

---

(١) المتشابهة الأجزاء (المترجم)

وكان مفتاح هذا السر هو فى الالمام بأعداد كبيرة من المركبات الكيماوية تشابه بعضها بعضا تشابها وثيقا فى خواصها الكيماوية . وتشبه مثل تلك السلسلة من المركبات عائلة كبيرة ، وجه الشبه بين أفرادها أكثر وضوحا بكثير منه بين الكائنات البشرية. ووجدالكيمائيون بين تلك الفصائل من المركبات مجموعة من العناصر تحتفظ بذاتيتها باستمرار وتؤثر فى خواص كل مركب . ويعرف مثل هذا العنصر أومثل تلك المجموعة من العناصر باسم الشق . وتبدو هذه الشقائق المركبة كأنها وحدات تجميع الطبيعة الخاصة . وكان التعرف عليها هو مفتاح لغز المتشابهات ، اذ أظهرت كيف أن عدد وحدات مركب معين يتحدد بواسطة التجميع الى شقائق .

وحوالى منتصف القرن التاسع عشر كان التعرف على نظرية التكافؤ حافزا قويا لدراسة الكيمياء العضوية. ويمثل تكافؤ العنصر عدد الوحدات التى يمكن تقسيم قدرته الاتحادية اليها . وعلى هذا يتحد الأكسجين عموما مع ذرة أو ذرتين من العناصر الأخرى ، بينما يتحد الأيدروجين مع ذرة واحدة من غيره من العناصر . ومن جهة أخرى فان الكربون يتحد مع أربع ذرات من الأيدروجين . ولذلك يقال أن تكافؤ الأيدروجين ١ ، والأكسجين ٢ ، والكربون ٤ . وبافتراضنا ان تكافؤ الكربون هو باستمرار ٤ ، وأن له القدرة على الاتحاد مع ذرات الكربون، فان الكيمائيين استطاعوا ايجاد رموز لتركيب كثيرمن المركبات العضوية، وبذلك نظموا أفكارهم .

وبهذه الطريقة وجد الكيمائيون أن كثيرا من مركبات الكربون يمكن تمثيلها بسلسلة من ذرات الكربون . ويمكن تمثيل أخرى بحلقة من ذرات الكربون والنمط الأول للمركبات الحلقية هو البنزين المشتق من قطران الفحم . وينشأ عن اضافة الشقائق لذرة أو لأخرى من حلقة البنزين مئات من المركبات . وفى هذه المركبات نجد أن ذرات الكربون المكونة للحلقة مرتبطة ببعضها ارتباطا قويا جدا ، بينما نجد الشقائق الاضافية مرتبطة ببعضها ارتباطا مفككا ، ويمكن تغييرها بسهولة دون ان يختل نظام الحلقة الرئيسية . وقد مكن فحص تركيب هذه المركبات الحلقية الكيمائى من أن يتحكم فى العمليات الكيمائية حسب مشيئته. وعلى ذلك فقد وجد أن أساس كثير من الأصباغ يتكون من حلقتى بنزين متحدتين مع ذرتين من ذرات النيتروجين . ووجد أن لون الصبغة الخاص بها يتوقف على وجود شقائق اضافية فى التكوين الأساسى للصبغة . وعلى ذلك كان فى استطاعة الكيمائى أن يعمل كساحر منتجا ألوانا جديدة حسب ارادته .

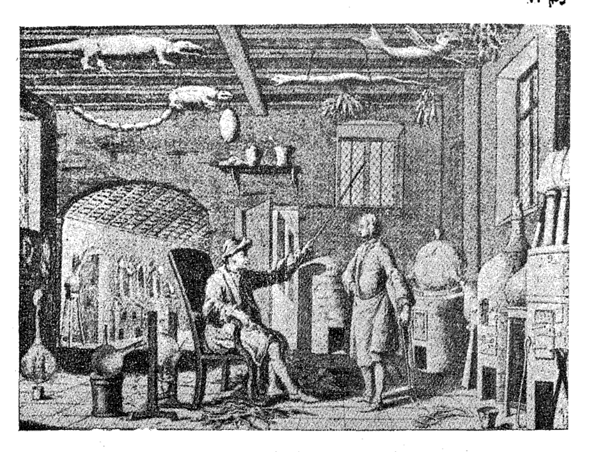
وكلما ازدادت المعرفة بالمركبات الكربونية أكثر فأكثر تولدت مواد تخليقية هامة فى المعمل . فمثلا زيت عنب القطا (١) الذى نحصل عليه من لحاء الصفصاف ، والذى استعمل مدة طويلة علاجا للروماتزم وجد أن نشاطه يرجع الى وجود حامض الساليسيليك . ومع ذلك سرعان ما تعلم الكيمائيون تركيب هذا المركب فى المعمل . ووجدوا علاوة على ذلك ان خواصه تتعدد باضافة شق معين يدعى شق الأسيتيل . ويسمى الناتج عن ذلك اذن باسم حامض آسيتيل الساليسيليك المشهور باسم الأسبرين . ولذلك فقد تخلق فى المعمل الكثير من الأدوية الطبية الطبيعية ، وكذلك انواع كثيرة من المطهرات ومواد التخدير ، والأدوية لعلاج أمراض خاصة . وقد مكن الكيمائى الطبيب أن يصف علاجا دقيقا محددا بتحضيره هذه المواد فى صورة نقية ، وبذلك اتسع مدى العلاج الطبى اتساعا عظيما .

وقد بنيت انتصارات الكيمياء العضوية على النظرية الذرية . ولكن من المعروف أن الذرة الآن ، على الرغم من أنها مازالت تعتبر وحدة التغيير الكيمائى ، تتكون من نواة تدور حولها فى مدارات وحدات دقيقة ذات شحنة كهربية تدعى الالكترونات . ويتكون التغيير الكيمائى من اعادة ترتيب تلك الالكترونات التى تدور فى مدارات وذلك بين الذرات المختلفة مع بقاء النواة فى كل حالة كما كانت من قبل . ومن المعروف الآن أن النويات الذرية تتكون من وحدات كهربية ، بعضها موجب الشحنة وبعضها متعادل الشحنة . وعلى ذلك فنحن لا نعتبر الآن أن الذرات الكيماوية مواد مختلفة يتراوح عددها ما بين ٩٠ و ١٠٠ ، بل انها مكونة من نفس الوحدات الكهربية الأولية ، وبذلك فهى أجزاء مرتبطة بعضها ببعض فى كون يجمع بين الأشياء الحية وغير الحية .

---

(١) نبات يدعى فى انجلترا خضرة الشتاء ، ويدعى فى آمريكا الجلثر وهو نوع من الصفصاف . (المترجم)

رقم ٢١



معمل كيمياء
من صورة منقوشة عام ١٧٤٧

الفصل التاسع

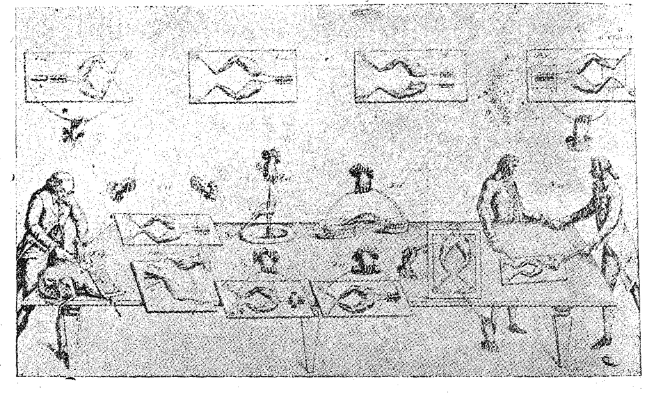
الاهتداء إلى التيار الكهربائى

١ ــ الاهتداء الى التيار الكهربى

اننا لم نتعرف حتى نهاية القرن الثامن عشر على ما يعرف اليوم باسم التيار الكهربائى . وكان معروفا أن البرق ناتج عن تأثير الكهرباء فى السحب . ولكن النتائج الوحيدة التى كانت موضع دراسة والتى كانت فى متناول اليد هى الخاصة بالأجسام التى تتكهرب بالدلك . وابتكر بعض الباحثين الأول ومن بينهم بريستلى آلات لتوليد الكهرباء بواسطة الاحتكاك . وقد أمضى بعضهم وقته فى عمليات رياضية ، وأرهق آخرون أنفسهم باحثين فيما اذا كانت الكهرباء سيالا واحدا ، أو سيالين .

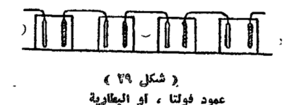
وتعطينا الدراسات الأولى لتأثير التيار الكهربى أحد الأمثلة القليلة فى تاريخ العلم لاكتشاف أتى بمحض الصدفة التامة . وكان الفضل فى هذا يرجع الى عالم تشريح ايطالى يدعى جالفانى (١٧٥٧ــ١٧٩٨) الذى تصادف أن كان يقوم بتشريح ضفدعة . وحينما لمس عصبا معينا اهتزت الضفدعة مما أثار دهشته ، وحاول نتيجة لذلك أن يكشف عن السر فى هذا . وفى النهاية أيقن أن الشرط الضرورى لاحداث هذه الهزة الى الوراء انما هو ملامسة معدنين مختلفين لأعصاب وعضلات الضفدعة (لوحة ٢٢) . وأثارت النتائج التى وصل اليها جالفانى اهتماما بالغا ، وظن الكثير من الناس أن نوعا جديدا من الكهرباء قد اكتشف ، وأضفوا عليه لقب الكهرباء الحيوانية ، أو الكهرباء الجلفانية .
وتبعت هذه الدراسات الأولى أبحاث قام بها أستاذ ايطالى آخر هو فولتا (١٧٤٣ ــ ١٨٢٧) الذى وجد أن التأثيرات الكهربية التى يشعر الانسان بها كصدمة تسرى خلال الأصابع كانت تحدث عند وضع معدنين مختلفين فى طبق يحتوى على ماء شديد الملوحة . ووجد أن التأثيرات

ة رقم ٣٢



التجارب الأولى على التيار الكهربى
الصورة فى معظمها تبين أرجل ضفادع تلامس معدنين مختلفين

كانت أعظم عند استعمال عدة ألواح معدنية تنفصل عن بعضها البعض بمادة مسامية مبللة بدرجة كبيرة . وكان الزنك هوأحد المعادنالمستعملة باستمرار ، والمعدن الآخر أحيانا نحاس ، وأحيانا فضة . وأصبحت تعرف مثل هذه المجموعة من المعادن باسم العمود الفولتى أو البطارية الفولتية (شكل ٢٩) .



(شكل ٢٩)
عمود فولتا ، أو البطارية

وأرسلت أنباء كشف فولتا للجمعية الملكية . وسرعان ما قام رجال العلم فى انجلترا وكذلك فى القارة بصنع اعمدتهم الفولتية الخاصة . صنع اثنان من الباحثين الانجليز عمودا كبيرا ، ووضعا قطرات ماءقليلة على الالوح الموضوع على القمة ليضمنا الاتصال بالمادة الرطبة . وبهذه الطريقة أكملوا الدائرة . وقد تولتهما الدهشة حينما لاحظا سيلا من الفقاقيع ينبعث من الماء . ولذلك اختبرا هذا التأثير على نطاق أوسع. وأتما الدائرة الفلتية هذه المرة بغمس أسلاك ذهبية متصلة بالألواح الخارجية للعمود فى اناء مملوء بالماء . وبهذه الطريقة وجدا أن الأكسجين والأيدروجين انبعثا عند جميع النقط التى انغمست فيها الأسلاك فى الماء . وكانت هذه هى المرة الأولى التى تحلل الماء فيهما عن طريق الوسائل الكهربية . لقد أثبت كل من وات ، وكافنديش تكوين الماء عن طريق تحضيره ، أما هذه فكانت نتيجة عكسية تتلخصفى تحليل الماء الىعناصره .

وطبيعى أن تثير تلك التجارب المبكرة فى التحليل اهتمام العلماءفى العالم . وقد أسرع الصيدلى الانجليزى دافى (١٧٧٨ — ١٨٢٩) (١) فاقتفى بحماس أثر الظواهر الجديدة . وبدأ بمحاليل فى الماء ،ولاحظ حدوث تحليلات كيماوية باستمرار . وبعد ذلك أجرى تجاربمستعملا موادا مذابة بدلا من المحاليل . أخذ بوتاس كاوية نقية ، وأذابهما فى ملعقة مصنوعة من البلاتين ، وغمس قضيبا من البلاتين فى الكتلة المذابة ، ثم وصل اللفة والقضيب بعمود فولتى . لقد ظهرت فىالحال

(١) دافى معروف فى جميع أنحاء العالم كمخترع لمصباح الأمان المستعمل فى المناجم . وكان أيضا أول من لاحظ آن غاز أكسيد الأزوتيك يحدث تخديرا . ومن ذلك الوقت فصاعدا صار هذا الغاز يستعمل فى طب الاسنان على نطاق واسع .

كريات معدنية براقة . ان فى استطاعتنا أن نتصور غبطته . ان البوتاس الكاوية كانت تعتبر عنصرا حتى ذلك الوقت ، ولكنه الآن حصل على شيء آخر منها يبدو عليه أنه معدن . دعا دافى هذا المعدن الجديد بوتاسيوم . وسرعان ما عزل الصوديوم بعد ذلك بوسائل مشابهة . وتعد هذه التجارب بدء استعمال التيار الكهربى فى عمليات فنية كثيرة مثل طلاء الأدوات بالفضة أو النيكل أو فى صناعة حروف الطباعة كهربيا . وهى طريقة فى الطباعة تصنع بمقتضاها صور من اكليشيهات لاستخدامها فى الطبع .

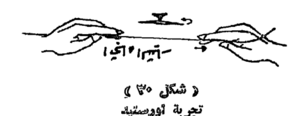
ولم يمض وقت طويل حتى لاحظ دافى آثار أخرى للتيار الكهربى. وكانت هناك بطارية فولتية هائلة تتكون من ألفين من الألواح المزدوجة من الزنك والنحاس فى المعهد الملكى فى شارع ألبيمارد الذى عمل مديرا له عدة سنين . وبمساعدة هذا الجهاز المهيب حصل دافى على شرارة وصفها بأنها قوس أو عمود نور كهربى . ووصل أطراف البطارية الضخمة بقضبان من الكربون وضعت بحيث تحدث تماسا أولا ثم تنفصل بعد ذلك(١) . راقب القوس فلاحظ أن الكربون المتصل بألواح النحاس ، والذى نسميه الطرف الموجب اشتعل بسرعة أكبر بكثير من الكربون الآخر متخذا شكلا كشكل الكأس . ووجد أن هذا القوس الكهربى بلغت حرارته درجة أذابت البلاتين وأشعلت النار فى قطع الماس . والقوس الكهربى ظاهرة مألوفة فى انارة الشوارع ،ويستعمل أيضا فى عمليات فنية كثيرة تتطلب أفرانا شديدة الحرارة مثل استخلاص الألمنيوم من خاماته ، ذلك المعدن الشائع الاستعمال اليوم، اذ هو ضرورى مثلا للمسبوكات المستعملة فى السيارة والطائرة الحديثتين ، التى تعتمد لذلك على درجة الحرارة العالية للفرن الكهربى .

٢ ـ الكهرومغنطيسية

أثناء شتاء ١٨١٩ ـ ١٨٢٠ كان أستاذ طبيعة فى كوبنهاجن يلقى سلسلة محاضرات فى الكهرباء والجلفانية والمغناطيسية ، اذ خالجه شعور مدة طويلة أنه لابد من وجود علاقة ما بين هذه الظواهر . وقد كانت تجاربه الأولى تجارب فاشلة ، ولكنه وجد فى النهاية أنه حينما

(١) ان من لديه بطارية مشعل جيب ، أو مركم يلاحظ حدوث شرارة عندما يوصل النهايات برهة ثم يفصلها عن بعضها . وهذا معناه أن التيار بقفزه عبر الثغرة يتخذ طريقا لنفسه ، محدثا بذلك نورا وحرارة .

أمسك سلكا حاملا تيارا موازيا لمغناطيس نطر هذا السلك جانبا . لقد حقق هذه النتيجة ، وبذلك اقتنع أن التيار ينشأ عنه قوة مغناطيسية تعمل داخل السلك (شكل ٣٠) وكان هذا الأستاذ هو هانزكريستيان أورستد (١٧٧٧ — ١٨٥١) وقد فتحت هذه النتيجة التى وصل اليها الباب على مصراعيه لميدان جديد كل الجدة من البحث .



« شكل ٣٠ »
تجربة أورستيد

وسرعان ما ذاعت أنباء هذا الكشف . فخلال أسبوع وجد عالم فيزياء فرنسى يدعى أمبير (١٧٧٥ — ١٨٣٦) أن هناك تفاعلا متبادلا بين موصلين متوازيين يحملان تيارا كهربيا ، اذ يجذب الموصلان بعضهما البعض اذا كان التياران فى نفس الاتجاه ، ويتنافران اذا سارا فى اتجاهين متضادين . وعلاوة على ابتكار أمبير أجهزة دقيقة يمكن مشاهدة هذه الآثار بواسطتها تقدم بنظرية رياضية تامة .

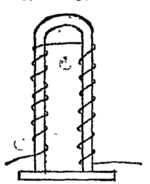
وأوجد اكتشاف أورستيد الوسيلة للكشف عن التيار بتأثيره المغناطيسى ، ويطلق على الآلات التى تقوم بمثل هذه المهمة الجلفانومترات(١) . وتوجد فى كل جلفانومتر قوة انحراف راجعة للتيار من شأنها أن تسبب انحراف الابرة ، وقوة ضابطة تعمل على الاحتفاظ بالمغناطيس فى وضعه الأصلى . وبلف عدة ليات من السلك حول اطار أمكن ازدياد قوة الانحراف ، بينما بقيت القوة الضابطة كما كانت قبلا بسبب مغناطيسية الأرض ، وذلك لأن الجهاز أصبح أشد حساسية . واستعملت مثل هذه الجلفانومترات فى آلات التلغراف الأولى فى النصف الأول من القرن التاسع عشر . وقد عبر عن انحرافات الابرة يمينا أو يسارا نتيجة لاتجاه التيار بحروف مختلفة استخدمت فى ارسال الرسائل .

وسرعان ما أدخلت تحسينات فى التلغراف حينما ألقى الضوء على حقائق أكثر فى مجال الكهرومغناطيسية . وبعد اكتشاف أورستيد بسنين قليلة صنع عامل ميكانيكى فى لندن قطعة من حديد نقى نوعا

---

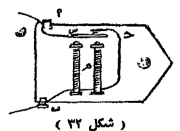
(١) الجلفانومتر جهاز لمعرفة صفة التيار الكهربائى الموجود . (المترجم)

على شكل حدوة الفرس ملفوفة بلفة طويلة من السلك (شكل ٣١) . وجد أنه عند أمرار تيار خلال اللفة يصير الحديد ممغنطا ويلتقط قطعة أخرى من الحديد . ومع ذلك وجد عند حبس التيار أن الحديد يفقد مغناطيسيته فورا ويسمى مثل هذا الجهاز المغنطيس الكهربى . وسرعان ما وضعت المغنطة الفجائية للحديد واستلاب المغنطة منه موضع الاستخدام العملى فى ارسال البرقيات بواسطة التلغراف .



(شكل ٣١)
مبدأ كهرو مغنطيس حدوة الفرس

وعلى ذلك وجد أن الراسل يمكنه أن يستثير تيارا كهرومغناطيسيا فى الطرف المستقبل بمجرد تحريكه مفتاحا متحركا ، وبذلك يجذب المغنطيس الكهربى قطعة حديد ملتصقة بزنبرك ، وتحدث بذلك طقطقة. ويمكن للراسل بعد ذلك أن يطيل الفترات بين الطقطقات أو يقصرها ، وبهذه الطريقة يرسل الرسالة حسب قانون متفق عليه . وهناك نظام أفضل بكثير كان يتلخص فى جعل التيار الذى أثار المغنطيس الكهربى يمر خلال الزنبرك نفسه (شكل ٣٢) وأنه بمجرد جذب قطعة الحديد الصغيرة الى وضعها الأول بواسطة الزنبرك . ويتكرر حدوث نفس الشىء عدة مرات ، ولذلك تستمر قطعة الحديد فى تحركها بسرعة ذهابا وايابا بصوت ذى رنين . ويمكن بذلك تمييز الاشارات الطويلة



(شكل ٣٢)
مبدأ الزنان والجرس الكهربى . يدخل التيار عند أ ، ويمر خلال الزنبرك س الى نقطة الاتصال ج . ومن هناك يمر خلال الملفات الكهرومغنطيسية م الى النهاية ب . وتحدث حركة الزنبرك السريعة ضد نقطة الاتصال زنينا . وبالصاق مطرقة بالزنبرك يمكن جعله يعطى رنينا متواصلا للجرس .

والقصيرة بطول رنينها . وكان هذا بالطبع أبسط بكثير من الانصات الى فترات توقف طويلة أو قصيرة ، وأكثر ضمانا بكثير من ملاحظة اشارات صادرة عن تذبذبات ابرة غير منتظمة يمينا وشمالا . ومن ذلك الوقت فصاعدا أصبح المغنطيس الكهربى جزءا أساسيا فى جميع أجهزة التلغرافات .

وحينما انشئت مركبات الترام الكهربية أصبح من المحقق ضرورة ايجاد فرملة قوية لايقاف الترام ، اذ لم يكن قطع سريان التيار الكهربائى كافيا . وقد وجد المغنطيس الكهربى فى هذه الحالة أيضا مجالا للاستخدام . ويتكون جسم الفرملة الكهربية العادية من حديد بداخله لفة من سلك يمكن أن تحمل تيارا ، وبذلك تمغنط الحديد . وحينما لا يكون التيار ساريا ، فان الفرامل تكون بعيدة تماما عن القضبان الحديدية التى يسير الترام عليها . وعندما ينطلق التيار ليمغنط الفرملة بواسطة محول يتحكم فيه السائق ، فان الفرملة تتمغنط فى الحال بقوة وتلتصق بالقضبان .

وتستعمل أيضا أجهزة مغنطيس كهربى كبيرة لدفع كتل من الحديد ، وذلك لأن إفتح وقفل التيار الممغنط أيسر بكثير من عملية الشحن والتفريغ . وهناك تطبيق آخر مألوف جدا للكهرومغنطيسية الا وهو الجرس الكهربائى ، الذى يشبه الزنانه . ويتضح عمله لأى انسان يتكبد مشقة النظر الى جرس منزله .

٣ ـ أول قانون خاص بالتيار الكهربى

كان رجال العلم فى السنين التى أعقبت التعرف على التيار الكهربى مباشرة جد مغتبطين باكتشافهم التأثيرات الجديدة وابتكارهم أجهزة جديدة . وبصرف النظر عن ملاحظة الباحثين الأول أن هناك بعض مواد توصل التيارات الكهربية،والبعض الآخر لا يوصلها وهى المواد المعروفة باسم المواد العازلة ، الا أنهم لم يدركوا الأحوال التى يستطيع التيار أن ينساب فيها الا قليلا .

ويرجع الفضل فى بعض التجارب الهامة الخاصة بالقدرة على التوصيل الى دافى . كانت طريقته قائمة على أن الماء لا يمكن تحليله بواسطة تيار كهربى فى كل الظروف ، اذ أحيانا ما يكون التيار ضعيفا بدرجة لا يستطيع معها احداث أى تغيير على الاطلاق .

وصل دافى نهايات عمود ڤولتى بمسلكين موصلين للكهرباء،أحدهما ماء موضوع فى اناء ملائم ، والثانى عبارة عن سلك معدنى . وكان

يعدل من طول هذا السلك الى أن انتهى تحليل الماء تمـــاما . ثم كرر التجربة مستعملا أسلاكا مختلفة من مواد مختـــلفة ذات قطـــاعات مستعرضة ، ولكن مع احتفاظه بنفس اناء الماء بصفته المسلك الموصل الآخر . وبمقارنته النتائج التى وصل اليها وجد أن قوة التوصيل لسلك متجانس من أى مادة معينة يتناسب (أ) طرديا مع مساحة القطع المستعرض (ب) وعكسيا مع الطول .

ومن سوء الطالع لم يسر دافى بهذه الأبحاث شوطا بعيدا بدرجة كافية ، ولكنه دنا دنوا كبيرا من مفهوم المقاومة والقوة الكهربية الدافعة اللذين أعلنهما للعالم عالم فيزياء ألمانى يدعى جورج سيمون أوم (١٧٨٧ — ١٨٥٤) بعد ذلك بسنين قليلة . ويرجع الفضـــل فى أول ناموس عام ، أو قانون خاص بالتيارات الكهربية لأوم . ومن الغريب حقا انه على الرغم من قيـــام أوم بتجارب عدة ، الا أن القانون المقترن باسمه كان نتيجة لاعتبارات نظرية محضة .

وبدأ أوم بمقارنة انسياب الكهرباء بانسياب الحـــرارة فى قضيب . واستنتج أن التيار المنساب فى موصل طويل يتوقف حتما على (ا) قوة توصيل المادة المختصة (ب) القطاع المستعرض للموصـــل (ج) ويتناسب عكسيا مع طول الموصل (د) وطرديا مع شدة التيار المتولد من البطارية . وهذه الشدة هى ما نسميها الآن القوة الدافعة الكهربية. والصيغة التى تعبر عادة عن نتيجة أوم هى أن التيار يتناسب طرديامع القوة الدافعة الكهربية ، وعكسيا مع مقاومة الموصل . أو نستطيع أن نقول أيضا أن نسبة القوة الدافعة الكهربية الى شدة التيار المنســـاب هو مقدار ثابت نطلق عليه اسم مقاومة الموصل . وتستعمل هـــذه النتيجة باستمرار فى المعمل ، وفى ورشة المهندس الكهربى .

وبعد حوالى ثلاثين عاما من موت أوم مجد مؤتمر دولى هام للوحدات الكهربية ذكراه بتسمية الوحدة العملية للمقاومة باسم الأوم . وسميت الوحدة العملية للقوة الدافعة الكهربية الفولت على اسم فولتا ، ووحدة التيار أمبير على اسم الفيزيائى الفرنسى أمبير ، ووحدة الفولت الوات على اسم المهندس العظيم جيمس وات . والقوة الكهربية للوات عبارة عن معدل الشغل الذى يحدثه تيار شدته أمبير واحد تحت تأثـير قوة دفع كهربيـة مقدارها فولت واحـد . وعلى ذلك فان أسماء هؤلاء الرواد مألوفة لجميع الكهربائيين العاملين الذين يتحدثون عن الأمبيرات والأمبيرية، ولربة البيت التى تتباحث فى مقدار الفولتات اللازمة لمكنستها الكهربية والتى تدفع ثمن القوة الكهربية التى تستهلكها بالكيلوات ساعة .

وسرعان ما أعلن اكتشاف أورستيد حتى وجدت علاقة غير متوقعة بين الكهرباء والحرارة بواسطة توماس جوهان سيبيك (١٧٧٠—١٨٣١)

من برلين . كون سيبيك دائرة من معدنين مختلفين النحاس والبزموت ملتحمين سويا . ولاحظ أن تيارا كان يسرى خلال الدائرة طالما ظلت نقط الاتصال فى درجات حرارة مختلفة . وقد استولت عليه الدهشة اذ وجد الكهرباء تتولد هكذا لا بالدلك ، ولا من بطارية كيماوية ، بل بمجرد اختلاف فى درجات الحرارة عند نقطة اتصال دائرته . وبقيت هذه النتيجة مدة طويلة مجال بحث ، ولكنها استخدمت مع ذلك فى صناعة جهاز مفيد . ان التأثير يكون بسيطا جدا باستعمال زوج واحد من المعادن ، ولكن فى الامكان مضاعفة التيار باستعمال عدد كبير من الأزواج . وفى الجهاز الذى نعرفه اليوم باسم الثيرموبيل(١) المستعمل ككاشف دقيق للاشعاع يستخدم عدد كبير من أزواج المعاون منسقة تنسيقا ملائما .

٤ ـ اكتشاف الحث الكهرومغنطيسى

بينما كان أوم يجرى تجاربه فى ألمانيا ، وأمبير يجرى تجاربه فى فرنسا ، كان أحد مساعدى دافى فى انجلترا ، ميخائيل فاراداى (١٧٩١ ـ ١٨٦٧) يقوم ببحث موضوع الكهرومغنطيسية . وقد أدت أبحاثه الى اكتشاف من أهم الاكتشافات ذات الأثر البعيد المدى فى تاريخ العلم ، وذلك هو الحث الكهرومغنطيسى .

نشأ فاراداى من أبوين فقيرين ، ولم يحصل الا على القليل جدا من التعليم المدرسى ، وعمل سنينا صبيا فى ورشة تجليد كتب . ولقد اعتاد أن يقرأ أى كتب علمية تصل الى يده ، وأنفق مصروفه فى شراء مواد لعمل الأجهزة التى يقوم بصنعها فى المنزل . وذات مرة حضر المحاضرات التى كان همفرى دافى يلقيها فى المعهد الملكى فى شارع ألبيمارل ، وكان دافى فى ذلك الوقت فى أوج شهرته وكان علية القوم كلهم فى لندن يهرعون ليسمعوه . لقد أذكت المحاضرات الحماس الصبيانى لفاراداى الصغير ، وتاق للحصول على عمل ما فى مجال العلم . وفى النهاية حينما انتهى عمله كصبى فى محل تجليد الكتب ، وبدأ يعمل فى حرفته وجد الحياة كريهة بدرجة أنه قرر الحصول على وظيفة ما مهما كانت متواضعة ، فى خدمة العلم . ولذلك اتخذ الخطوة البسيطة الجريئة ألا وهى الكتابة المباشرة لدافى . وفى نفس الوقت ضمن رسالته مذكرات دقيقة عن محاضرات دافى . لقد أحدثت نغمة خطابه

(١) أو مقياس التشعع . (المترجم)

المخلصة ومذكراته الدقيقة الواضحة تأثيرا حسنا في دافى ، ونتج عن هذا أن أصبح فاراداى محضرا فى معمل في المعهد الملكى .

وبعد أن قضى فاراداى سنين يتعلم الأشغال اليدوية والقيـــــام ببعض الأبحاث الصغيرة سمع عن اكتشاف الكهرومغنطيسية الجديدة. كرر تجربة أورستيد ، وأدرك أنه لا بد من وجود قوة مغنطيسية تعمل حول السلك ، واعتقد أنه لو أمكننا جعل قطب مغنطيسى يدور حول تيار ، اذن فلا بد أن يدور سلك حامل للتيار حول قطب مغنطيسى . لقد تخيل التجربة في ذهنه ، ورأى أن المسألة ما هى الا مسألة ترتيب للتفاصيل فقط بحيث أنه لا بد أن يكون المغنطيس حرا فى حركته فى الحالة الأولى ، ويكون السلك الحامل للتيار حرا فى حركته فى الحالة الثانية . وبعد ذلك أعد أجهزة يمكن بواسطتها الحصول على هــــذه الدورات المتوافقة .



« شكل ٣٣ »
جهاز دلل به فاراداى على الدورات الكهرومغنطيسية

وكانت تتكون دائرته من انائين يحتويا زئبقا ، ثم وضعت أســلاك موصلة مناسبة بحيث أصبح فى أحد الآنية مغنطيس ثابت وسلك حر الحركة ، وفى الثانى سلك ثابت ومغنطيس متحرك (شكــل ٣٣) . انتقل التيار من السلك خلال الزئبق الموجود فى الكـــأس الأيسر الى دبوس نحاسى متــدل الى قاعدة الاناء . وكان المغنطيس فى هــذا الكأس مثبتا بالدبوس النحاسى بخيط . وكان المغنطيس الثابت فى الاناءالأيمن موضوعا فى جراب فى قاعدة الاناء ، وكان السلك (ب) فى امكانه أن يتحرك بحرية وهو منغمس فى الزئبق بواسطة وصلة تتحرك فى جراب كروى فى (ج) . وبمجرد تمام الدائرة ابتدأ المغنطيس فى الاناء الأول والسلك فى الاناء الثانى يتحركان ، واستمرا كذلك طول مرور التيار .

وحصل فاراداى كذلك على دورات ميكانيكية بواسطة تيار كهربى . وكان جهازه البشير الأول للموتور الكهربى الذى يمكن بواسطته جعل تيار كهربى يحدث دورات تستعمل لادارة الآلات ، وتحريك مركبات الترام والقطارات . وحدث تلاؤم اكتشافات فاراداى مع الحياة العملية بعد اجراء تجاربه الأصلية بوقت طويل ولم يعط فاراداى نفسه أية فكرة عن التطبيقات الممكنة لعمله فى الميدان التجارى . لقد كان يكد ويكدح من اجل العلم فحسب .

وقام فاراداى بتجاربه لاحداث طاقات دوران كهرومغنطيسية عام ١٨٢١ . وبعد ذلك بسنين أصبح زميلا فى الجمعية الملكية . وكان فى ذلك الحين مشغولا بأبحاثه فى الكلور . وقد انتخب زميلا لأنه كان متفقها بدرجة كبيرة فى العلوم الكيماوية . وفى سنة ١٨٢٥ صار مديرا لمعامل المعهد الملكى . ومن أوائل الأشياء التى قام بها تنظيم اجتماعات فى امسيات أيام الجمع يمكن للأعضاء وأصدقائهم حضورها لالقاء المحاضرات والاشتراك فى المناقشات . وسرعان ما أصبحت هذه الاجتماعات اجتماعات محببة للناس ، اذ كان فاراداى محاضرا خلابا وقادرا على أن يبث فى مستمعيه بعضا من حماسه . وكان فى ذلك الوقت مشغولا بعمل كثير ، وذلك لأنه بالاضافة الى واجباته العادية فى المعهد كان مشغولا بتجارب عن استعمال انواع مختلفة من الزجاج للأغراض البصرية . ولكن الظاهر من مذكراته ورسائله أن رغبته الكبرى كانت الرجوع الى عمله فى الكهرومغنطيسية . وكان يعتقد اعتقادا جازما أنه بما أن تيارا يُحدث تأثيرا مغنطيسيا ، فمن الممكن لذلك أن نجعل المغنطيسية بطريقة ما تنتج تيارا . وكانت هذه هى الفكرة التى هدته الى عمله العظيم الذى انتهى اليه .

وتضرب لنا أبحاث فاراداى مثلا ممتازا للطريقة العلمية . وبدأ فاراداى بالالمام الماما تاما بما فى ميدان العلم كله عن الظواهر الكهربية والمغنطيسية الموجودة حينئذ . ونتيجة لذلك ازدادت معرفته بدرجة أن أصبح قادرا على تفسير ما يدور فى خلد الشخص غير المتعلم أنه مجرد شىء شاذ أو مجرد مصادفة . انه لم يسر فى عمله اطلاقا بطريقة خبط عشواء ، ولكنه كان يتطلع باستمرار الى شىء محدد . لقد نجح حيث فشل الناس الآخرون ، وذلك لأنه بصرف النظر عن همته التى لا تكل ، وعن رغبته فى الوصول الى الحقيقة كان يتمتع بفراسة وقوة خيال . ولذلك كان يرى أن هناك امكانيات ، فى الوقت الذى كان فيه الآخرون يتحسسون طريقهم وهم يتخبطون .

ولقد رأينا كيف كان من رأى فرانسس بيكون وهو يكتب عن الكشف العلمى أن من الواجب علينا القيام بكل الدراسات الممكنة

واجراء كل التجارب المستطاعة . وبعد ذلك نقوم باستقصاء شامل للعلاقات التى تربط الحقائق بعضها ببعض . وبهذه الطريقة نصل الى القانون العلمى . ولكن تاريخ العلم يرينا أن الاكتشافات لم تتم طبقا لقواعد بيكون ، اذ عادة حينما يبدأ القائم بالتجارب عمله ، يبدأ خياله فى أن يلعب دوره . ولذلك فانه يحدد عدد تجاربه طبقا للفروض التى يفترضها . وليست هذه الفروض تخمينات لا ضابط لها ، بل حلقات فى سلسلة استدلالية ترتبط بعضها ببعض بخيال جامح ولكنه خيال منظـم .

ولم يتوقف فاراداى جينما نجح فى جعل مغنطيس يدور حول تيار ، وتيار يدور حول مغنطيس . لقد شعر أن هذه النتائج ، وكذلك النتائج التى وصل اليها أورستيد ، وأمبير ، لا بد أن تكون راجعة الى عامل مشترك . ومن حسن الحظ أن فاراداى ترك لنا سجلا كاملا لأبحاثه[1] . ولأوصافه أهمية خاصة ، اذ أنها كتبت فى وقت قيامه بتجاربه . اننا نقف منها على ما أفشل فيه ، وما صادف فيه نجاحا .

وعلى ذلك نستطيع أن ندرك لحد ما كيف كان يعمل ، وكيف توصل الى نتائجه .

ويخبرنا فى أول سلسلة من أبحاثه أنه شرع يبحث فيما اذا كـان فى الامكان نشأة الكهرباء من المغنطيسية ، وفيما اذا كان فى استطاعة تيار احداث تيار آخر فى موصل مجاور دون أن يتلامسا ، بالضبط كما كان معروفا من قبل من أن الكهرباء الناتجة من الاحتكاك تحدث شحنة فى جسم آخر . لقد استغرقت محاولاته الأولى عدة سنين ، ولكنها لم تؤد الى نتائج ايجابية . ومع ذلك ففى ٢٩ من أغسطس سنة ١٨٣١ صادف أول نجاح له وهو يوم مشهود فى تاريخ العلم .

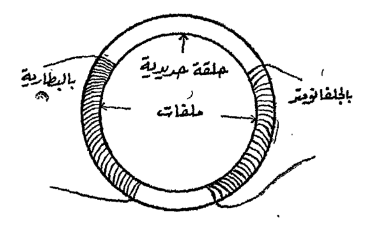
أخذ فاراداى خاتم حديد سميك وربط حوله لفتين منفصلتين من السلك ، وكانت احدى اللفتين متصلة ببطارية فولتيـة ، والأخرى بجلفانومتر (شكل ٣٤) . وعند اتمام الدائرة اكتشف تيارا قويا فى اللفـة الأخرى . وبينت هذه النتائج سريان تيار عابر فى اللفـة الثانية . وكان هذا هو نفس الشىء الذى كان يبحث عنه . وحقق هذه النتيجة عدة مرات ، وحينئذ بدأ يعمل ليغير التفاصيل .

واستعمل أحد الأيام لفة أسطوانية طويلة من السلك فوجد أن تيارا تأثيريا حدث حينما دفع بمغنطيس الى اللفة ، وأيضا حينما جذبه

---

(١) كتاب أبحاث تجريبية فى الكهرباء فى ثلاثة مجلدات (لندن ١٨٣٩)

الى الخارج مرة ثانية . وكانت هذه التيارات التأثيرية تسير فى اتجاهات مضادة ، ولم يكن هناك تيار تأثيرى اطلاقا حينما كان المغنطيس ساكنا .



« شكل ٧٤ »
تجربة فارادى التى بين بها التيارات الحاثة
او التأثيرية

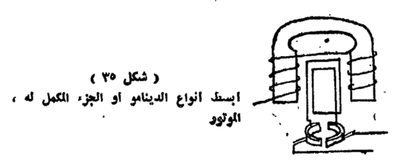
وفى مناسبة أخرى حينما عاد فارادى الى تجربته تلك استغنى عن المغنطيس كلية ، وكون لفاته بلفها حول كتلة خشبية فحسب . ثم وصل احدى هاتين اللفتين بجلفانومتر بعيد والأخرى ببطارية . وقد لاحظ رعدة بسيطة فى أبرة الجلفانومتر عند سريان التيار فى اللفة الأخرى ، أو عند قطعه . ولاحظ أن الابرة تتحرك فى اتجاهين متضادين عند حدوث التيار الرئيسى أو عند انقطاعه ، مبينة بذلك حدوث تيارات تأثيرية عابرة فى اتجاهات متضادة .

وفى مرة أخرى ، بدلا من تحريك مغنطيس خلال لفة سلك ، عمل فارادای ترتيبه على أن يدور موصل على شكل قرص نحاسى بين قطبى مغنطيس قوى . ووجد أن تيارا تأثيريا قد حدث عند دوران القرص . وأخذ فى مناسبة أخرى سلكا نحاسيا متصلا بجلفانومتر ، وحركه بسرعة بين قطبى المغنطيس ، فلاحظ أيضا تيارا تأثيريا أثناء الحركة .

ويكمن تلخيص النتائج التى وصل اليها بأن التيارات التأثيرية تحدث طالما حدث تغير فى الأحوال المغنطيسية . وكان يحدث هذا التغيير فى بعض الحالات بتحريك مغنطيس بالفعل . وفى بعض الحالات الأخرى حينما كان لا يوجد مغنطيس كان السريان الفجائى أو الايقاف الفجائى لتيار فى لفة ما فى شأنه تغيير الأحوال المغنطيسية . ووجهت الجهود التى بذلت بعد ذلك لانتاج تيارات تأثيرية أكبر مدى بجعل معدل هذا التغيير كبيرا بدرجة كافية .

٥ ـ انتاج الكهرباء على نطاق واسع

كان قرص فاراداى النحاسى الدائر بين قطبى مغنطيس كهربى أول آلة كهرو مغنطيسية ، وهى التى يطلق عليها غالبا اسم مولد أو دينامو (شكل ٣٥) .



(شكل ٣٥)
ابسط انواع الدينامو او الجزء المكمل له ، الموتور

والدينامو الحديث ذو تصميم معقد ، ولكنه يتكون أساسا من موصل مناسب مكون من عدة لفات يتحرك بين قطبى مغنطيس قوى .

والموتور الكهربى هو الجزء المكمل للدينامو . ولم يتبين فاراداى أهميته فى الدورات المغنطيسية التى لاحظها فى بدء حياته العملية . ويمر فى الموتور تيار من الخارج الى موصل مناسب قائم بين قطبى مغنطيس قوى . وبهذا يدور الموصل ، ويمكن استخدام حركته فى ادارة الآلات أو تحريك مركبات الترام أو القطارات . ومن الغرابة بمكان أن الموتور وصل الى حالة طيبة من التطور بينما ظل الدينامو وقتا طويلا مجرد لعبة علمية . ففى عام ١٨٣٩ استخدم موتور كهربى فى تحريك قارب بسرعة ٢½ ميل فى الساعة . ولا عجب ان لم تكن هناك فى تلك الأيام قوانين لتنظيم حدود السرعة . وكانت الموتورات الأولى تستمد تيارها من بطاريات فولتية . ومع ذلك فكانت الموتورات القوية تستلزم مصدرا أقوى للتيارات ، ولم يكن هذا ميسورا حتى تحسن الدينامو .

وفى أثناء مناقشة دارت فى معهد المهندسين المدنيين سنة ١٨٥٧ حسبت تكاليف ادارة موتور كهربى من خلايا فولتية . لقد وصلت تكاليف الزنك المستعمل فى الخلايا الى درجة أن أصبحت تكاليف القوى الكهربية فى ذلك الوقت ضعف تكاليف القوى البخارية ستين مرة . ونتج عن ذلك أن اعطى كل السادة البارزين أصواتهم ضد القوة الكهربية . ولم يتحسن الدينامو بدرجة كافية لجعل القوة الكهربية شيئا عمليا حتى سنة ١٨٧٠ . ومع ذلك فقد أصبح انتاج الكهرباء على نطاق واسع من ذلك الوقت فصاعدا أرخص بكثير حتى دخلت الكهرباء المستخدمة فى أغراض الانارة والتدفئة المنزلية ، وتحريك مركبات الترام والقطارات مجال التطور التجاري ..

والاستعمالات الأخرى لاكتشاف فاراداى العظيم فى حياتنا اليومية عديدة جدا بدرجة اننا لا نستطيع الا أن نعطى مجرد احصاء لبعض منها . فمثلا الملف التأثيرى الذى يمكننا من الحصول على قوة دافعة كهربية عالية جدا من تيار مستمر من عدد قليل من الخلايا الفولتية ما هو الا تعديل للفى فاراداى الملفوفين حول قضيب حديدى . ويتكون الملف الداخلى أو الابتدائى فى الملف التأثيرى من ليات قليلة من سلك سميك ، ويتكون الملف الداخلى أو الثانوى من آلاف الليات من سلك دقيق جدا مكسو بطبقة عازلة بطريقة متقنة . ويحدث التيار فى الملف الابتدائى وينقطع بشكل مستمر بواسطة جهاز بسيط مشابه للجهاز المستعمل فى الجرس الكهربى المألوف لنا . وتحدث التيارات المتغيرة بسرعة فى الملف الابتدائى قوة دافعة كهربية عالية فى الملف الثانوى .

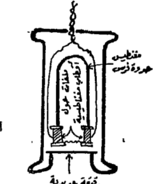
وغالبا ما تكون ملفات التأثير مطلوبة فى الأبحاث الفيزيائية . وحيث انها ضرورية لانتاج الأشعة السينية ، فانها توجد فى جميع المستشفيات الحديثة . ويستخدم الملف التأثيرى فى تحويل قوة دافعة كهربية منخفضة الى قوة عالية . ولكن من الممكن استخدام جهاز مماثل مكون من لفتين حول قضيب حديدى عادى لتحويل قوة كهربية عالية الى قوة منخفضة وعلى ذلك فان القوة الفولتية العالية الناتجة من محطة توليد الكهرباء لابد من تحويلها الى قوة أقل لانارة المنازل والشوارع . ويدعى الجهاز الذى يتم عن طريقه هذا التحويل بالمحول ، ويغير التيار التأثيرى فى موصل دينامو اتجاهه فى كل دورة ، معطيا بذلك ما نسميه بالتيار المتناوب أو المتقطع . واذا وجه مثل هذا التيار الى ملف واحد لمحول ، فان تناوباته تحدث قوى كهربية دافعة متغيرة فى الملف الآخر ، ولذلك فلا تكون هناك حاجة لجهاز واصل فاصل ، كما هى الحال فى الملف التأثيرى . ومبدأ المحول مطبق فى كثير من انواع الدوائر المستعملة فى الارسال والاستقبال اللاسلكى .

وكذلك فان المقناط المستعمل فى كثير من الموتوسيكلات والسيارات لاحداث شرارة خلال مزيج الغازات التى يحتاجها المحرك ما هو الا نوع من الملفات التأثيرية الدوارة . وبدلا من أن يستمد التيار من بطارية ، فانه ينتج عن دوران الملفين المزدوجين بين قطبى مغنطيس قوى . وتنتج قوة كهربية دافعة تكفى لاحداث شرارة بواسطة استمرار وصل وقطع التيار فى ملف واحد بواسطة كامة (١) تدفع بطرفين متصلين الى الانفصال ثم يلتئمان ثانية بواسطة زنبرك . والتليفون تطبيق آخر لمبدأ التيارات

---

(١) قرص التنظيم المحول (المترجم)

التأثيرية . ويتكون فى أبسط صورة من مغنطيس على شكل حدوة فرس بملفات من سلك مكسوة بمادة عازلة حول الأقطاب (شكل ٣٦) .



(شكل ٣٦)
أبسط أنواع التليفونات المرسل أو المستقبل

وتوجد رقيقة مرنة من الحديد داخل السماعة . وعندما يتحدث الانسان فى السماعة يحدث الصوت ذبذبات فى الهواء تحرك رقيقة الحديد . وبما أن الحديد ممغنط فان تحركات رقيقة الحديد تحدث تيارات تأثيرية فى الملفات وتنتقل هذه التيارات التأثيرية من الملفات الى الأسلاك المؤدية الى جهاز الاستقبال الذى قد يبعد أميالا . ومع ذلك فهذه التيارات العابرة التى تصل جهاز الاستقبال تحدث تحركات فى طبلة رقيقة تحدث ذبذبات فى الهواء تسمع كصوت . وهناك أنواع عديدة من الأجهزة لتحويل الطاقة الصوتية الى طاقة كهربية والعكس بالعكس . ويتركب نوع شائع من الميكروفون مستعمل كجهاز ارسال تليفونى من حبيبات كربون بين كتلتين من الكربون . وينساب تيار من بطارية بين الحبيبات ، ويسبب أى ضغط صوتى على الطبلة تغيرا فى مقاومة الحبيبات وذبذبات تيارية متماثلة . ويجب فى جميع حالات ارسال الحديث ، والموسيقى عن طريق اللاسلكى تصميم أجهزة تحول الصوت ، كما هو حادث الآن فعلا ، الى تيارات ، وبعد ذلك تتحول التيارات فى الطرف المستقبل الى صوت .

٦ - الابراق البعيد المدى

كان على الانسان فى الأيام الأولى لارسال الرسائل عن طريق التلغراف أن يراقب عند محطة الاستقبال تأرجحات ابرة ذات اليمين وذات الشمال ، أو ينصت الى زنات ، ثم يسجل الرسالة طبقا لنظام اشارات وضع من قبل . ولكن المراقب المسكين لم يكن فى استطاعته ان يجلس ليل نهار منتظرا رسالته . ولذلك كان من الضرورى قبل

ان يصبح التلغراف اداة فعالة لارسال الرسائل فى أعمال الحياة العادية ايجاد وسيلة لتسجيل تلك الرسائل تلقائيا .

وانشىء أول تلغراف مسجل عملى بواسطة مورس أحد أهالى أمريكا (١٧٩١ - ١٨٧٢) ، واسمه معروف فى العالم كله بسبب نظام اشاراته المكون من نقط وشرط . اخترع مورس آلته بعد أن زار أوربا عام ١٨٣٢ وألم باكتشاف فاراداى للحث الكهرومغنطيسى . ثم ابتكر جهازا تثير فيه التيارات التأثيرية مغنطيسا كهربيا فى الطرف المستقبل . لقد كان أمرا هينا جعل المغنطيس الكهربى يجذب قطعة حديد ملتصق بها قلم رصاص وبذلك بدون علامات على قصاصة ورق تسحب بآلة تشبه الساعة . وعلى ذلك كانت تسجل الرسائل تلقائيا .

وبمثل هذه الوسائل أصبح الابراق أمرا عمليا جدا عبر مسافات قصيرة . ومع ذلك فحينما جرب فوق مساحات أطول وجد أن التيارات اصبحت ضعيفة بحيث لا تؤثر فى جهاز الاستقبال . لذلك أبتكر مورس جهازا سماه المجدد ، وهو جهاز تتلقى به التيارات القادمة دفعا اضافيا ويتتج عن هذا ارسالها اشارات قوية الى كبل ثان . ويقوم مبدأ مجدد مورس على حركة ملف من سلك حاملا تيارا وهو بالقرب من مغنطيس، وبذلك يرجع فى أصـــله الى الدورات الكهرومغنطيسية التى اكتشفها فاراداى لأول مرة . وتحدث تحركات الملف فى المجدد اتصالات كهربية مستمدة بذلك تيارا من بطارية موضعية مماثلة تماما للتيارات الضعيفة القادمة . وبهذه الطريقة يمكن ارسال الاشارات عبر مساحات شاسعة بواسطة سلسلة من المجددات .

وحينما نجح الابراق البرى بهذه الطريقة كان من الطبيعى أن يرغب المهندسون فى وضع كبلات تحت البحر . وكانت هناك بالفعل خطـــوط قصيرة عاملة بين انجلترا وفرنسا وهولاندا وايرلنده فى السنين الوسطى للقرن التاسع عشر .

ومع ذلك فان المشكلة الأعظم بكثير الا وهى مشكلة ربط أوربابأمريكا برزت عنها مشاكل خاصة بعيدة كل البعد عن عملية وضع كبلاتطويلة واتخاذ احتياطاتضد التآكل الذىيتسبب فيهماء البحر والخطرالناشىء عن تسرب التيار بسبب العزل الردىء .

وقد أدت أبحاث وليم طومسون (١٨٤٢ - ١٩٠٧) ، الذى صـــار اللورد كلفن فيما بعد ، فى الحالات الكهربية لكبل مكسو بمادة عـــازلة الى حل عملى لهذه الصعوبات . وفى النهاية تم بنجاح وضع كبلالمحيط الأطلنطى ، وتم ربط أحد نصفى العالم بالآخر .

وكان الابراق المحيطى يحتـــاج الى نوع من أجهزة تحويل الموجات التيارية الى موجات صوتية ، وأجهزة تسجيل أكثر دقة . وهنا أيضا هرع اللورد كلفن الى مساعدة المهندسين بابتكار جهاز سماه جهـــاز التسجيل السيفونى الذى يقوم على مبدأ تحرك ملف حامل تيارا ضئيلا فى مجال مغنطى قوى . وعندما تقدم الابراق والارسال التليفونى أصبح من المحتم استعمال كبلات أكثر فاعلية محمية بسلك صلب مغلف بقنب. وعلاوة على ذلك أصبح من الضرورى استعمال مكبرات ، وهى أجهـزة لزيادة التيارات الضعيفة المناسبة خلال الكبل ــ معوضة بذلك ما تفقده التيارات فى سيرها خلال الخط . ومثل هذه المكبرات التى تستعمل غالبا فى الدوائر الكهربية التليفونية تسمى المرددات ، وتتكون من صمامات ثرمونية ذات تصميم خاص (١) .

٧ ــ مراحل اللاسلكى الأولى

كان الابراق البرى والمحيطى نتيجة لمبادىء اكتشفت فى المعمـل وطبقت على الحاجات العملية . ومن جهة أخرى بدأ الابراق اللاسلكى نظريا دون أن يخرج الى الحيز العملى فى وقت لم يحلم فيه بشر حتى فى أشد لحظاته تحليقا فى الخيال بارسال اشارات دون الاســتعانة بأســـلاك . وترجع أسس الابراق اللاسلكى فى الحقيقة الى ما قام به فاراداى من أعمـــال .

وكان فاراداى يحاول دائما تخيل ما يحدث حينما يدور سلك حاملا تيارا حول مغنطيس ، أو حينما يحرك تيار مغنطيسا . لقد تصور المنطقة التى تجاور مغنطيسا أو تيارا ــ منطقة نشير اليها اختصارا بالمجـال المغنطيسى ــ ممتلئة بخطوط قوة . وبافتراضه أن لخطوط القوة هذه ميل للقصر مثل قطع المطاط الممتدة ومقاومة بعضها بعضا ، استطاع فاراداى أن يقدم لنا تفسيرا لاكتشاف أورستد الجوهرى الا وهو الكهرومغنطيسية وللنتائج التى وصل اليها فى الحث التيارى وأيضا لما وصل اليــه أمبير فى التأثير المتبادل لتيارين . وشرح هذه النتائج كلها مرجعا اياها لا الى المغنطيسيات والأسلاك بل الى المنطقة ، أو الوسط المحيط بها .

وقد ترك فاراداى فى كتابه الأبحاث التجريبية سردا كاملا للطريقة التى كان يعمل بها وللطريقة التى كان يتبعها فى استقراء نتائجه . وكانت كتاباته هذه هى التى أوحت لكلارك ماكسويل (١٨٣١ ــ ١٨٧٩) بمـا

(١) الثرميون دقيقة مشحونة بالكهرباء ، والثرميونات اما سلبية أو ايجابية .
(المترجم)

بذله من مجهودات ، ذلك الرجل الذى صاغ أفكار فارادای فى تعبيرات رياضية .

لقد وجد فارادای أنه حينما تكتمل دائرة كهربية فان التيار لا يصل فورا الى منتهى قوته ، وانه حينما ينقطع فانه لا يتوقف فجأة. وبمعنى آخر فان التيار مثله فى ذلك كمثل أى جسم مادى يتطلب دفعا شديدا لجعله يتحرك ، ولكن بمجرد سريانه فليس فى الامكان توقفه فورا . وقد فسر ماكسويل هذه النتائج بقوله ان طاقة التيار تستنفذ جزئيا فى ايجاد المجال المغنطيسى ، وان الطاقة المتغيرة لهذا المجال تحدث التيار البسيط الذى يستمر عند انقطاع الدائرة . حينئذ وضع ماكسويل هذه الأفكار فى صيغة رياضية معالجا خواص المجال الكهرومغنطيسى طبقا للمبادىء العادية للديناميكا .

وبهذه الطريقة استنتج نظريا تأثير التذبذبات فى شدة التيار ، والتغييرات الناتجة فى شدة المجال المغنطيسى . وقد وجد أن التغييرات فى الشدة التى تتلو بعضها بعضا فى فترات محددة ، أو التغييرات الدورية كما تسمى ، تنساب على بعد كبير وراء المنطقة التى بدأت التغييرات فيها . وقد وجد بالفعل أن الاضطراب الكهربى الدورى الذى ينشىء بدوره اضطرابا مغنطيا دوريا يسير بسرعة الضوء . وبما أن النظرية الموجية للضوء كانت تتطلب وسطا من نوع ما يمكن ارسال الموجات بواسطته ، فقد بدا من المعقول أن يفترض أن نفس الوسط يستخدم لكل من موجات الضوء والموجات الكهرومغنطيسية . والحقيقة أن الضوء ذاته كهرومغنطيسى فى صفته .

وكان كل شىء حتى ذلك الوقت نظريا . ومع ذلك فبعد موت ماكسويل بعشر سنوات ولدت الموجات الكهرومغنطيسية فعلا فى المعمل ، وقدرت سرعتها ، ووجد أن تنبؤات نظرية ماكسويل تتفق مع نتائج التجربة . وهذا من أعظم الانتصارات المبينة للرياضيات التى شهدها العالم .

ويرجع الفضل فى أول اثبات ناجح لموجات ماكسويل الى عالم فيزياء ألمانى يدعى هينريخ هيرتز (١٨٥٧ — ٩٤) . لقد نجح هيرتز سنة ١٨٨٨ بعد محاولات عدة فى أول الأمر فى الكشف عن الاشعاع الكهرو مغنطيسى المنبعث عن ملف تأثيرى ينبعث الشرر منه . استعمل صحائف معدنية ملتصقة بقضبان فى نهاياتها كرتان معدنيتان . وحينما كان الملف التأثيرى يعمل باختلاف كاف فى الجهد ، أخذ الشرر يتناثر بين الكرات المعدنية ، وحدث تفريغ تذبذبى بين الصفائح . وللكشف عن التموجات

الكهرو مغنطيسية التى نشأت هكذا استعمل هيرتز موصلا دائريا مزودا بفرجة شرر • وقبل نهاية القرن كانت مثل تلك الارسالات الشررية مستعملة بالفعل فى نظام ارسال الاشارات • وقد أدت أبحاث أخرى عن الأجهزة الكاشفة وعلى الأخص أبحاث السير أوليفر لودج (١٨٥١ ــ ١٩٤٠) الى تطور الاشارات اللاسلكية بين السفن فى البحر •

وسرعان ما انتشر الاهتمام بهذا فيما وراء صفوف رجال العلم الاخصائيين . وكان هناك مهندس بعيد النظر يدعى مارشيز ماركونى (١٨٧٤ ــ ١٩٤٥) هو الذى أرسل أول اشارات لاسلكية عبر القنال الانجليزى • وكان المعتقد فى ذلك الوقت أن الموجات الكهرو مغنطيسية، التى تسير ، كما تفعل عادة ، فى خطوط مستقيمة ، ستنساب الى الفضاء ، وأنه بالنسبة لانحناء سطح الأرض ، فان ارسال الاشارات البعيدة المدى كان أمرا مستحيلا • وحاول ماركونى ارسال الاشارات عبر الأطلنطى ونجح • ولذلك بدأ أن موجات اللاسلكى لا بد أنها تنعكس مرتدة الى الأرض بكيفية ما • ولكن ما الذى كان فى استطاعته جعلها تنعكس ؟ لقد بقى هذا السؤال دون جواب حتى العقد الثالث من القرن العشرين ، حينما عالج سير ادوارد أبلتون المشكلة • وقد أظهرت نتائجه وجود طبقات من الأيونات فى طبقات الجو العليا تعمل كمرآة للموجات اللاسلكية ، وبذلك تجعل ارسال الاشارات حول الأرض ممكنا • وتكون هذه الطبقات ما نعرفه اليوم باسم الأيونوسفير •

واعتمدت أبحاث سير ادوارد أبلتون اعتمادا كبيرا على استعمال الصمام الثرميونى . وكان أول وأبسط نوع من هذا الصمام هو الصمام الذى اخترعه السير ج. أمبروز فليمنج (١٨٤٩ ــ ١٩٤٥) . وقد سجل فليمنج عام ١٩٠٤ جهازا يشبه مصباح النور الكهربى بداخله شريحة معدنية وفتيلة متوهجة كذلك • ويحول مثل هذا الجهاز الذى أصبح يعرف بصمام التنقية سلسلة من التناوبات التيارية الى سلسلة من التيارات أحادية الاتجاه يمكن الكشف بسهولة عنها • ولذلك كان جهاز التنقية جهازا لتحويل المتناوب الى تيار مستمر • وأدت تطورات أخرى الى صمام للتنقية من النوع المستعمل فى كثير من أجهزة الاستقبال والموصوف بايجاز فى الفصل الثالث عشر •

وقد أصبحت الآن اذاعة الأخبار والموسيقى ورقص الباليه والمباريات على شاشة التليفزيون مباهج الحياة التى تسر الجميع • وتتعاون الصناعة والأبحاث الجوهرية سويا فى مجال الألكترونات • وأصبحت حيازة الأجهزة الكهربية الموفرة للجهد احدى الطرق لمسايرة ركب المدنية • ومع ذلك فربما نكون فحسب فى بدء عصر الكهرباء • واذا سأل انسان : ما هى

الكهرباء ؟ فليس هناك اجابة شافية لسؤاله . لقد كانت الكهرباء توصف في القرن الثامن عشر بأنها سائل ، وأحيانا بأنها سائلين . وفي القرن التاسع عشر درس الناس القوى الموجودة في المنطقة أو المجال المحيط بالتيار . وفي السنين الأخيرة من القرن العشرين غيرت الاكتشافات الحديثة كل طرق تفكير الناس ، اذ كما سنرى في فصل قادم يفكر رجال العلم الآن في العناصر الكيماوية على انها مكونة من وحدات كهربية بسيطة . ولذلك فهم يفسرون المادة بمعايير كهربية على الرغم من أن الأمر كان العكس يوما ما . ولذلك صارت الكهرباء هي الملاذ الأخير للوصف العلمي . ولا يمكننا أن نوضحها في الوقت الحاضر بما هو أبسط من هذا .

الفصل العاشر

الطاقة والقوة

١ - قانون الطاقة

ان شركة صناعية جزيئة كانت قد وضعت فى ذهنها الطريقة التى يستعمل بها الناس غير الأمناء الأيونات الكهربية فى غرف الفنادق . فسجلت عداد عملة كهربى اخترعته . ان كل شاغل حجرة يدفع الثمن بوضع عملة فى ثقب العداد . وهو يدفع هذا الثمن نظير ما تقوم به الكهرباء من خدمات ، وبمعنى آخر يدفع ثمن الطاقة الكهربية فى الوقت الذى يستعمل فيه هذه الطاقة . ما الذى نعنيه بهذا التعبير ؟ .

ان الطاقة تتضمن عملا يؤدى . فالتيار الكهربى ، والشلال ، والقاطرة ، والسيارة التى تنهب الأرض ، تؤدى كلها عملا . ومقدار العمل الذى تستطيع هذه الأشياء أن تقوم به يدل على طاقاتها . ونقول ان عملا يؤدى حينما يتحرك جسم تحت تأثير قوة . ويقيس المهندسون العمل بالوحدات البوندية (١) . ولذلك فاذا رفع جسم زنته عشرة أرطال قدمين فى الهواء ، فان العمل المؤدى = ١٠ × ٢ ثقل بوند . وتقاس قوة الآلة بمعدل ما تقوم به من عمل . ووحدة القوة التى يستعملها المهندسون هى الوحدة التى اتخذها وات فى تقدير قوة آلاته البخارية . انها تسمى قوة حصان(٢) وهى تقدر بـ ٥٥٠ ثقل بوند فى الثانية .

وقد أدركت فكرة الطاقة بطريقة غامضة فى عصر جاليليو ، ولكن رجال العلم لم يكونوا حتى القرن التاسع عشر ينظرون الى الطاقة كشىء يمكن قياسه بالوحدات بالضبط كما نقيس الأشرطة بالياردات . وأخذت فكرة الطاقة من ذلك الوقت فصاعدا تلعب دورا هاما جدا فى تقدم الفيزياء .

---

(١) الثقل البوندى . والبوند هو الرطل (المترجم)

(٢) تكفى لرفع ٣٣٠٠٠ رطل فى الهواء قدما واحدا فى الدقيقة (المترجم)

ويمكن للأجسام المتحركة أن تؤدى عملا · ويقال فى هذه الحالة أن الطاقة حركية · ولكن العمل يمكن أن يؤدى أيضا بواسطة هواء مضغوط عندما يتعدد ، أو بزنبرك ملوى عندما يفك ، أو بماء فى مستوى أكثر ارتفاعا من البيئة المحيطة به سمح له بالاندفاع الى مستوى أكثر انخفاضا. ويقال فى هذه الحالات ان الطاقة هى طاقة الجهد · ونجد باستمرار أن الطاقة الحركية تتحول الى طاقة جهد والعكس بالعكس · فمثلا فى سكك حديد الجبال والمرتفعات التى أشرنا اليها فى الفصل الثالث تبدأ العربة بالتحرك أسفل منحدر ولذلك فهى تكتسب طاقة حركية كافية لترفعها فوق أول نتوء يصادفها ، نتوء لا يبلغ ارتفاعه ارتفاع النقطة التى بدات منها · وتكون بهذا قد اكتسبت مرة ثانية طاقة جهد تجعلها تنحدر على المنحدر الثانى ، وهكذا دواليك · ولكن فى النهاية لا تبلغ العربة ارتفاعا يساوى الارتفاع الذى بدأت منه · ولذلك يبدو أن بعضا من الطاقة قد اختفى · وقد أدى البحث عن هذه الطاقة المفقودة الى تقدم عظيم فى التفكير العلمى ·

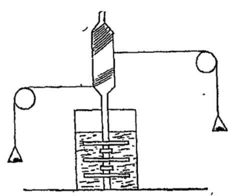
وأول مفتاح لهذه المشكلة كان فى الاحاطة بأن الطاقة تنشىء حركة · وهذا معروف لكل انسان · فنحن جميعا ندلك أيدينا سويا عند ما نحس ببرد · ويعرف المتوحشون كما يعرف الكشافة كيف يقدحون النار بالزناد · ويعلم أولئك الذين يمتطون الدراجات أن ماسورة المنفاخ تسخن حينما يقومون بنفخ اطارات دراجاتهم · ويعرف أولئك الذين يسلون أنفسهم باصابة الأهداف ببنادقهم أن مقذوفاتهم الرصاصية اللينة تصيب الهدف برشاش ·

وقد أدركت الصلة الوثيقة بين الحرارة والطاقة فى وقت يرجع الى أيام فرانسس بيكون وبويل اللذين اعتبرا الحرارة نفسها لا شىء سوى « اثارة نشطة لدقائق الجسم » ولو تمسك الناس فقط بهذه الفكرة لكانوا قد حلوا مشكلة الحرارة والطاقة سريعا ·ولكنهم ساروا أثناء القرن الثامن عشر فى طريق جانبى ، واعتقدوا أن الحرارة انما هى سيال يدعى السيال الحرارى ، يتسبب عن اتحاده بالأجسام رفع درجة حرارتها· وأدى اعتقاد الناس فى السيال الحرارى الى تمييز واضح بين الحرارة ودرجة الحرارة(١) · وكان أحسن وسيلة ميسورة حينئذ لتعليل الحرارة ككمية · وبهذه الطريقة اهتدى بلاك لمقاييس الحرارة الكامنة ، تلك

---

(١) درجة الحرارة هى درجة السخونة المقدرة طبقا لمقاييس موضوعة. وقد اقترح نيوتن مقياسا مكونا من اثنى عشر درجة ، كانت نقطتاه الثابتتان هما نقطة تجمد الماء ودرجة حرارة الجسم البشرى · وشاع فى النصف الأول من القرن الثامن عشر استعمال المقاييس الفرنهيتية والمئوية المألوفة لنا ·

المقاييس التى كانت ذات أهمية كبرى فى الأيام الأولى للآلة البخارية •
وعلى ذلك فعلى الرغم من أن نظرية السيال الحرارى تبدو لنا اليوم غريبة ، الا أنها أدت غرضا نافعا • ولكنها كبقية الفروض الأخرى كان لا بد من نبذها حينما فشلت فى أن تتسع لنتائج المزيد من الخبرة •
وعلى ذلك فان الحقائق التى تكشفت فى أوائل القرن التاسع عشر أجبرت رجال العلم أن ينبذوا فكرة السيال الحرارى كلية • وقد ثبت حينئذ أنه فى الأمكان توليد كمية غير محدودة من الحرارة بمجرد دلك شيئين سويا فترة كافية(١) ، ولكن ليس فى الامكان انتاج شىء مادى بمجرد الدلك •
ونتيجة لذلك فان رجال العلم رجعوا الى فكرة أن الحرارة ما هى الا نوع من أنواع الحركة ، أو اثارة دقائق جسم •



(شكل ٣٧)
توضيح احدى الطرق التى استعملها جول فى تقدير المكافىء الميكانيكى للحرارة

ولكن الأفكار العامة لا ترضى رجل العلم • انه يريد دائما أن يقدر وأن يجد العلاقات العددية بين ما يقدره • وعلى ذلك لم يمض وقت طويل حتى أجريت تجارب مضبوطة للتعبير بواسطة الأعداد عن العلاقة بين الحرارة والشغل المؤدى لأحداث هذه الحرارة • وقد قام جيمس بريسكوت جول (١٨١٨ ـ ٨٩) أحد أهالى منشستر الذى كان فى وقت ما تلميذا لدالتون بأبحاثه الشهيرة • وكانت أشهر تجارب جول التى أجراها هى خض الماء بشدة بواسطة نوع من أنواع البدالات • وبملاحظته ارتفاعا فى درجة حرارة وزن معين من الماء اكتشف الحرارة المتولدة . وبتحريك البدال بواسطة أثقال مدلاة (شكل ٣٧) قدر العمل المؤدى بالوحدات البوندية . ونتيجة لمحاولات عديدة استغرقت سنين عديدة وجد حول

---

(١) فى سنة ١٧٩٨ قدمت رسالة للجمعية الملكية عنوانها : بحث فى مصدر الحرارة المتسببة عن الاحتكاك . وقد وصفت هذه الرسالة كيف انه بحك مثقاب كليل على اسطوانة معدنية دائرة يمكن رفع كمية من الماء الى درجة الغليان فى ساعتين •

نسبة ثابتة بين العمل المؤدى والحرارة الناتجة · وهذا المقدار الثابت هو ما نعرفه الآن باسم المكافىء الميكانيكى للحرارة · ونتيجة لذلك بين أن الحرارة والحركة فى جوهرهما شيء واحد ·

وفتحت النتائج التى وصل اليها جول الطريق لاثبات أحد المبادىء الأساسية فى الفيزياء ، ألا وهو بقاء الطاقة ، الذى ينص على أن الطاقة لا تستحدث ولا تفنى · وقد كان مكافىء طاقة الحركة والجهد معروفا من وقت طويل ، ولكن جول توسع فى لفظ الطاقة حتى شمل الحرارة · ولذلك أخذ الناس يفكرون فى الطاقة على أنها تتغير من صورة لأخرى ، ولكنها لا تفقد أبدا · وعلى ذلك اعتبر الاختفاء الظاهرى للطاقة عند سقوط حجر الى الأرض كتغيير من حركة الحجر ككل الى حركة جسيماته الدقيقة أو بمعنى آخر الى حرارة ·

وخطت نواحى التقدم منذ أيام جول في كل فرع من فروع علم الفيزياء خطوات هائلة ، فقد اتسعت معلوماتنا عن تغيرات الطاقة عن طريق الجهود المشتركة التى بذلها كثير من الباحثين · وبهذه الطريقة تجمعت معلومات من مصادر كثيرة وضمت بعضها الى بعض · وعلى ذلك فانه يفكر الآن فى كل أنواع الاشعاع بما فى ذلك الضوء المرئى ، والأشعة السينية ، والتموجات اللاسلكية على أنها أنواع للطاقة ، وتقاس طاقاتها بوسائل مناسبة · كما يفكر فى الحرارة الناتجة عن تيار كهربى كما فى المصباح الكهربى العادى أو السخان على أنها حرارة تولدت عن احتكاك الألكترونات المارة خلال السلك · وتعتبر الحرارة الناتجة أثناء تغير كيمائى كمقياس للفرق بين حالات الطاقة قبل وبعد التغيير · وحتى تغيرات طاقة الحيوان الحى أخضعت للقياس الدقيق أيضا· وقد أوضحت تجربة الإنشطار الحديث للذرة أن الذرة نفسها ما هى الا مستودع طاقة حقيقى · وعلى ذلك كانت فكرة الطاقة ذات قيمة لا تقدر فى وحدة التفكير العلمى ·

٢ ـ بعض تطبيقات مبدأ الطاقة

لم يربط مبدأ الطاقة المعلومات المستقاة من ميادين كثيرة بعضها ببعض فحسب ، بل أمد الناس أيضا بمبدأ هاد أدى بهم الى حل مشاكل جديدة · وعلى ذلك فببحث الطاقة الحركية لجزيئات الغاز ، وباعتبار ضغط الغاز كعملية راجعة الى قذف جوانب الاناء بالجزيئات المتحركة بسرعة تمكن الكيمائيون من معالجة بعض مشاكل الغاز من وجهة النظر الديناميكية · وأصبح من السهل علاج مشاكل مثل العلاقة بين الضغط وحجم الغاز عندما تظل درجة الحرارة ثابتة ، وكذلك العلاقة بين درجة الحرارة والحجم حينما يظل الضغط ثابتا ، طبقا للمبادىء الديناميكية ·

وتنتمي هذه الاعتبارات الى ما نسميه بنظرية الحركة للغازات • وقد وجد أن قانون بويل ، وقانون شارل(١) ، وفرض أفوجادرو نشأت كنتيجة طبيعية لهذه النظرية •

ولكننا حينما نتتبع مبدأ مثل مبدأ طاقة حركة جزئيات الغاز ،ونصل الى نتائج تتفق اتفاقا تاما مع النتائج المستقاة من تجارب أجريت فى مجالات شديدة التباين ، نشعر أننا نسير على أرض صلبة • وأن ثقتنا فى المبادىء التى استنتجنا منها نتائجنا قد تدعمت بدرجة كبيرة •

وحينما نطبق القواعد العادية للديناميكا على سلوك الجزئيات الغازية ، فاننا لا نخص بذلك جزئيات أى غاز معين • اننا نفكر فى غاز مثالى أو غاز كامل جزئياته مثل الكريات الصغيرة تنطلق فى جميع الاتجاهات وتتحرك مستقلة استقلالا كاملا عن بعضها البعض • ونفكر علاوة على ذلك فى الجزيئات كأنها صغيرة جدا بدرجة انها لا تشغل حيزا ذا قيمة فى الاناء الذى يحتويها • ونستنتج من هذه الفروض قوانين بويل وشارل •

وتنطبق هذه القوانين انطباقا تاما على غازات كالأكسجين ، والنتروجين ، والأيدروجين وهى فىدرجات حرارة وضغوط واسعة الآماد• وتنطبق من جهة أخرى على غازات مثل غاز ثانى أكسيد الكربون والكلور فى درجات حرارة وضغوط محدودة الآماد • ولابد أن نستنتج من هذا أن غازات مثل الأكسجين تقترب من صفات الغاز الكامل ، بينما الغازات الأخرى ليست كذلك • والغازات التى تنطبق عليها هذه القوانين انطباقا كبيرا هى الغازات التى من الصعب تحويلها الى سوائل • أما تلك التى تحيد بدرجة واضحة عن هذه القوانين فهى التى يمكن تحويلها بسهولة الى سوائل • وقد أظهرت التجارب التى أجراها صيدلى أرلندى يدعى توماس أندروز (١٨١٣ ــ ٨٥) أن الغازات لا يمكن تحويلها الى سوائل حتى بواسطة ضغط كبير اذا كانت درجة الحرارة فوق قدر معين • ويختلف هذا القدر باختلاف الغازات • وقد صارت هذه تعرف باسم درجة الحرارة الحرجة أو الاحرار الحرج •

وتعطينا نظرية الحركة تفسيرا معقولا لدرجة الحرارة الحرجة هذه• ونحن نعتبر الحرارة كحركة جزئية ، ونعتقد أنه حينما ترتفع درجة الضغط الخارجى بنقص الحيز الذى يشغله الغاز ، فان الجزئيات يدفع بعضها بدرجة أكثر ، وقد تنضم لبعضها مكونة مجموعات ، وبذلك تنتقل

---

(١) القانون الذى يحدد العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة حينما يكون الضغط ثابتا وهو قانون يلم به كل طالب ناشىء من دارسي الفيزياء أو الكيمياء •

الى الحالة السائلة ٠ ولكن فى امكاننا أيضا أن نتصور أن الجزيئات تتحرك بسرعة تجعلها غير قادرة على الاتحاد بعضها مع بعض مهما كان الحيز الذى تتحرك فيه . وأقل سرعة تنطبق عليها هذه الحالة تطابق درجة الحرارة الحرجة ٠

وقد وجه الباحثون عنايتهم بعد المامهم بدرجة الحرارة الحرجة هذه لتوليد درجات حرارة منخفضة بدلا من ضغوط هائلة ، وابتكرت أجهزة مناسبة لهذا الغرض ٠ وفى العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر أمكن تحويل الأوكسجين والنيتروجين إلى الحالة السائلة ٠

وتقوم احدى الطرق الهامة لتحويل الغازات الى سوائل على نفس الحقيقة التى تتلخص فى أن الغازات لا تتوفر فيها جميع الشروط التى نفترضها فى الغاز الكامل ٠ وعلى ذلك فان الجزئيات الغازية فى كل حالة تقريبا تجذب بعضها بعضا حتى حينما تتحرك بسرعة عالية ٠ واذا جذبت الجزيئات بعضها بعضا مع جعل الغاز يتمدد ، فان الجهد الذى ينفق فى التغلب على جذب هذه الجزيئات بعضها بعضا يظهر بجلاء فى تخفيض بسيط لدرجة حرارة الغاز ككل ٠ وقد اكتشف هذا التأثير التبريدى جول بالتعاون مع اللورد كلفن ٠ وعلى ذلك فان التبريد الذى يحدث بهذه الطريقة حينما ينفذ غاز خلال فتحة صغيرة أثناء خروجه استخدم فى كثير من الطرق الحديثة لتحويل الغازات الى سوائل على نطاق واسع ٠ ولقد أمكن تحويل جميع الغازات المعروفة فى الوقت الحاضر الى سوائل٠

وطبقت مثل هذه الطرق فى الصناعة ٠ وقد تم تحضير الأوكسجين فى الوقت الحالى بكميات وافرة عن طريق تبخير الهواء السائل ٠ويستعمل الأوكسجين الناتج بهذه الطريقة فى اللحام الآسيتيلينى الأوكسجينى ، وفى عمليات كثيرة فى الصناعة الكيماوية ٠ ويتم توليد درجات الحرارة المنخفضة التى تتطلبها كثير من العمليات الفنية بواسطة تبخير غاز سائل٠ وعلاوة على ذلك فان الطريقة التى أدت الى التوليد الناجح لدرجات حرارة منخفضة ثبتت جدواها فى أبحاث علمية معينة ٠ وفى الحقيقة ، كما أن الطرق الفنية تقوم على مجرد البحث ، فكذلك يتوقف التقدم العلمى بدرجة كبيرة على تقدم الطرق الفنية ٠

٣ ـ تحول الحرارة الى شغل

لقد تحدثنا حتى الآن عن تحويل الشغل الى حرارة ٠ ولكن العملية العكسية ممكنة أيضا بشروط معينة ٠ ان دراسة تحويل الشغل الى حرارة والعكس بالعكس وهو الموضوع الذي تعالجه الديناميكا الحرارية

قد ثبت أنه ذو اهمية هائلة في الدراسات النظرية وكذلك في أمور الهندسة العملية •

ويتطلب تحويل الحرارة الى شغل وجود مادة مثل البخار الذى يستطيع بتمدده دفع مكبس ، وبهذه الطريقة يؤدى شغلا • وتحتاج أيضا الى درجتى حرارة مختلفتين • فمثلا نجد أن الغلاية والمكثف فى الآلة البخارية لهما درجتا حرارة مختلفتان • وحين يتمدد البخار فانه يعمل ، وفى نفس الوقت تنخفض درجة حرارته •

وترجع الدراسة النظرية للآلات الحرارية الى الجهود التى بذلها باحثون عديدون فى القرن التاسع عشر ، ولذلك فان النظرية أتت بعد استعمال الآلات الحرارية فى حياتنا اليومية بوقت طويل • وتؤدى بنا نظرية الآلات الحرارة الى النتيجة التى تتلخص فى عدم امكان جعل جسم أكثر سخونة بجعل جسم بارد أكثر برودة الا اذا قمنا بعمل • وعلى ذلك فلا يمكننا أخذ حرارة البحر وجعلها تقوم بعمل ما على الرغم من أن الطاقة الجزئية الكلية للبحر عظيمة جدا • والحقيقة أنه من الممكن فقط احداث تحويل الحرارة الى شغل عندما يكون هناك تباين فى درجة الحرارة• وحتى فى هذه الحالة فان ما يتحول الى شغل هو جزء من الحرارة فحسب• وهذه احدى القيود التى علينا أن نستسلم لها •

٤ ـ تحولات الطاقة

اعتاد الناس قبل تقرير مبدأ الطاقة اضاعة وقتهم سدى محاولين صناعة آلات لادارة العجلات أو لطحن الغلال تستمر فى الحركة الى الأبد بمجرد أن تبدأ فيها • ونحن نعتبر الآن مثل تلك الآلات الدائمة الحركة أمرا من نسج الخيال وعكس كل ما استقيناه من خبرات • وقد شغل ابتكار مثل تلك الآلات بال كثير من الرؤوس المفكرة ، ولا يتحدث الآن عنها سوى الجهلة والمرتابين • ويعلم المهندس اليوم أنه لا يستطيع ايجاد الطاقة ، انه يستطيع فقط تغيير نوع منها بآخر أكثر نفعا له •

والمصدر الطبيعى الرئيسى للطاقة فى انجلترا هو الفحم ويتضح تحويل طاقته اتضاحا تاما فى النار المنزلية • ان اشتعال النار فى موقد المطبخ يولد مركبات غازية تتناثر جزيئاتها بشدة وتأخذ فى الدوران مصطدمة بعضها ببعض • وتوجد هذه الاصطدامات حركة سريعة فى جزيئات حديد الجزء الأعلى من الموقد • وعلى ذلك فان جزيئات الطاسات وما بها من محتويات توضع فى حركة استثارة سريعة وبذلك يطهى الغذاء • ولذلك فان بعضا من طاقة الفحم المشتعل تؤدى غرضا نافعا • ومع ذلك فان كثيرا من هذه الطاقة يستعمل فى تسخين المدخنة ، وفى

ارسال الاشعاعات التى تدفىء المطبخ ، وبذلك يكسى وجه الطاهى بحمرة وردية ، وتضيق من خلقه • وعلاوة على ذلك يبقى الكثير من الطاقة غير مستعمل على صورة سخام يترك فى المدخنة ، ودخان يلوث الهواء فى الخارج • ويكون السخام والدخان فقط قدرا كبيرا من الطاقة التى كان من الممكن استخدامها فى غرض نافع ، ولكنهما يشكلان علاوة على ذلك خطرا على الصحة(١)

وتحولات الطاقة كثيرة العدد فى الصناعة • فمثلا تولد الطاقة الكيماوية للوقود الفحمى أو البترولى البخار فى القاطرة أو فى الآلة البخارية الثابتة • وحينما يتمدد البخار يؤدى عملا ويصبح بذلك أقل حرارة ، وبذلك تتحول بعض الحرارة الى شغل • وكذلك فى التوربين البخارى الذى هو عبارة عن عجلة ضخمة من الصلب تدار بواسطة البخار كما تدار طاحونة الهواء بواسطة الريح ، يتولد البخار فى نفثات ذات ضغط عال تصطدم بالريش المقوسة للتوربين • ويحدث شغل ويدور التوربين بواسطة طاقة البخار الحركية • وتستعمل التوربينات اليوم فى المحركات المروحية فى مصانع صهر الحديد ، وكذلك لانتاج القوة الكهربية التى يولدها التوربين فى تحريك القطارات ، وانارة المدن ، وادارة الآت مصانع الغزل والمصانع الأخرى • ولذلك فهناك تحول من الطاقة الكيماوية الى الميكانيكية ثم الى الكهربية ثم الى الطاقة الميكانيكية مرة أخرى •

والمصادر الطبيعية الكبرى للطاقة فى كثير من بلاد العالم وعلى الأخص السويد ، وسويسرا وأمريكا الشمالية هى الشلالات القوية • وبدلا من أن ندع الشلالات الكبرى تجرى هباء يمكن أن نجعل بعضا من الماء يسقط من أعلى مستوى ممكن الى مستوى آخر أكثر انخفاضا بكثير • وهناك يُدير توربينا مائيا عبارة عن نسخة حديثة من الصلب للساقية الالمانية القديمة • وبهذه الطريقة يمكن جعل جزء من الطاقة يؤدى شغلا يجعل العجلة تدور ، وكذلك تتحول طاقة جهد الماء عند مستوى عال الى طاقة حركية مفيدة .

٥ ــ آلــة الاحتراق الداخلى

تستخدم الآلة البخارية والتوربين البخارى والتوربين المائى كوسيلة ممتازة لتحويل الطاقة الى أغراض كبيرة • ومع ذلك ففى خــلال الجيل

---

(١) مما لا شك فيه أن اطفالنا لن يبذروا فى استعمال الفحم هكـذا ، ولكنهم سيدفئون منازلهم ويطهون أطعمتهم بالكهرباء التى يستمدوها من محطات كبيرة مركزية تستعمل فيها الطاقة الذرية بأقصى مدى لها • أنهم بالتاكيد سينظرون الى العقود الأولى من القرن العشرين كما لو كانت تنتمى الى العصور المظلمة •

الأخير توصل الانسان الى اتقان مصدر جديد من مصادر القوة الدافعة ، الا هو آلة الاحتراق الداخلى .

ويتم التسخين فى الآلة البخارية فى الخارج فى فرن ، أما فى آلة الاحتراق الداخلى فيتم الاحتراق فى الداخل كما يدل على ذلك الاسم . ويتحرك المكبس فى الآلة البخارية بواسطة تمدد البخار ، أما فى آلة الاحتراق الداخلى فيتحرك المكبس بواسطة سلسلة متتالية من انفجارات مزيج من الهواء ومن غاز مشتق من البترول .

وتوجد فى كثير من أنحاء العالم وخاصة فى الولايات المتحدة،والمكسيك وروديسيا مواد مكونة من مخاليط من الأيدروكربونات السائلة بكميات هائلة وتكون هذه البترول الخام . وعند تقطير زيت البترول نجد أن أول ما يتقطر منه هى الأيدروكربونات التى لها أقل نقطة غليان . وهذه هى الزيوت الخفيفة التى تعرف فى انجلترا باسم البترول ، وفى الولايات المتحدة باسم الجازولين . وتدعى الأيدروكربونات المتبقية باسم الزيوت التقيلة وتستعمل كل الزيوت الخفيفة والثقيلة فى آلة الاحتراق الداخلى . ويمكن تقسيم مثل تلك الآلات الى نوعين رئيسيين : النوع ذو الخلاط (١) ويشتمل على آلات الغاز والبترول ، والنوع ذو المحقن ويشتمل على الآلات التى تستخدم الزيت الثقيل .

ويستعمل النوع ذو الخلاط فى المتوسكلات والسيارات ، اذ يتكون من هواء من الجو مع رشاش من البترول مخلوط مفرقع يدخل الى الأسطوانة ويشتعل بواسطة شرارة من المغناط أو ملف الاشعال . ويرجع الفضل الأكبر فى ابتكار آلة ذات أثر فعال من هذا النوع الى المهندس الألمانى دايملر (١٨٣٤ — ١٩٠٠) . وظهر أول موتوسكل ماركة دايملر عام ١٨٨٤ ، وأول سيارة فى السنة التالية . وكانت السيارات الأولى تصمم بحيث تشبه العربات ، وكانت تخبأ مكنات هذه السيارات تحت مقعد السائق . وحينما أدخلت سيارة دايملر لأول مرة انجلترا كان مازال هناك قانون سار فى بريطانيا العظمى بأن على العربات غير ذات الجياد التى تسير فى الطرق أن يتقدمها رجل يحمل علما أحمر بالنهار ، ومصباحا بالليل . ولم يعدل هذا التشريع الذى سن فى القرن التاسع عشر حتى عام ١٨٩٦ . وقبل أن يحل هذا الوقت كانت أفكار الناس فيما يتعلق بالسلامة العامة تتسم بقدر أكبر من الشجاعة . وحينئذ أخذت التجارب فيما يختص بالسيارات وانشاء الآلات تجرى على قدم وساق . كما أن الأبحاث التى تلت ذلك بخصوص انشاء الآلات ، وبخصوص أنواع

---

(١) أو ذو الكاربيراتير ، والكاربيراتير جهاز لخلط الهواء بالبترول ليحدث عن ذلك مخلوط مفرقع (المترجم)

الوقود ، والسبائك المعدنية التى تستعمل فى صناعة الماكينات ، ومطاط الاطارات فقد أمدتنا بالسيارات التى نستعملها اليوم ٠

أما النوع ذو المحقن لآلة الاحتراق الداخلى فيرجع الفضـــل فيه الى جهود المهندس الألمانى رودلف ديزل (١٨٥٨ – ١٩١٣) ، والى المخترع هـ. آكرويد ستيوارت (١٨٦٤ – ١٩٢٧) . ان هذين الباحثين اللذين كان كل منهما يعمل مستقلا تماما عن الآخر ابتكر آلة يضغط فيها الهواء حتى يصير شديد الحرارة ٠ ويحقن الزيت على شكل رذاذ دقيق ، وتكفى درجة الحرارة العالية المتولدة من انضغاط الهواء لاشعال المخلوط ٠ ويجب أن يكون الزيت ذا لزوجة تكفى لاحداث احتراق حينما يرش فى مشعل زيت الوقود ٠

وتستعمل زيوت الوقود الآن على نطاق واسع فى الأفران للتسخين المنزلى ولتوليد البخار للأغراض الصناعية ٠

٦ ـ الصناعة والنقل

أحدثت آلة الاحتراق الداخلى خلال الجيل الأخير انقلابا ثوريا فى نظام النقل البرى : فبدلا من تحزيم البضائع ونقلها الى محطة الســـكة الحديد ، واعادة تعبئتها فى عربات القطار ، مع القيام بنفس العملية أيضا عند محطة الوصول ، تؤخذ مباشرة من مكان صنعها الى المشترى ٠ وكان هذا ذا تأثير على الصناعات بأجمعها ، من صناعة الدبابيس والابر الى صناعة الطائرات ، ومن زرع البطاطس الى تنظيم مزارع المطاط ٠

ويأخذ هذا التغيير طريقه فى جميع انحاء العالم المتمدن ٠ ان عربة اللورى تحمل الماشية ومنتجات الألبان والخضراوات والفواكه والأزهار الى المدن ٠ وتحمل سيارات الركاب الكبيرة القرويين الى المدن ، وتأثرت به كل مستويات الحياة الاجتماعية اليوم ، وذلك بمساعدته للتجارة ، وبتوسيعه لمدى الاتصالات البشرية ٠

وقد جعلت آلة الاحتراق الداخلى الغواصة والسيارات والطائرات فى حيز الامكان ٠ هيا بنا نتمنى ونحن آملون ألا تعود بنا حاجة لاستعمال الغواصة فى الحرب ، بل تستخدم فى الكشف العلمى لأعماق المحيط ، وفى ارساء الكبلات البحرية ، وفى أعمال الانقاذ ٠ أما فيما يختص بالنقـــل الجوى فهناك تقدم دائم فيه ، فالبريد الجوى يعمل بانتظام فى طرق عديدة كما تستعمل طائرات ضخمة لنقل البضائع ٠ ولا تسافر الطائرات الضخمة الآن بسرعة أكبر من سرعة القاطرات وعابرات المحيط فحسب ، بل ان المسافرين الذين يستقلونها يشعرون بقدر أوفر من المتعة واليسر، بينما لا يتكلف السفر بالجو فى الطرق أكثر مما يكلفه السفر بالقطارات ٠

والنقل الجوى ذو قيمة خاصة فى الأقاليم الاستوائية حيث تتم الآن الرحلات التى كانت تستغرق أسابيع عبر غابات غير صحية وغير مطروقة فى ساعات قليلة • وكذلك يمكن رش مساحات كبيرة من الأراضى الموبوءة من الهواء بمبيدات حشرات كيماوية ، وبهذا تمكن السيطرة على كثير من الضرر الاقتصادى الذى تتسبب فيه الآفات • وللتصوير الجوى استخدامات واسعة النطاق • ان الدقة المتناهية للتصوير الجوى تكشف عن التخطيط الأرضى للجيولوجى والمنقب ، وتكشف كذلك عن حدود الأماكن القديمة لرجل الآثار بطريقة أفضل بكثير مما تكشفه الملاحظات السطحية • وقد حل التصوير الجوى محل بعض الطرق المضنية المستعملة فى المسح الأرضى ، وبرهن بذلك على أنه ذو منفعة كبيرة فى البلاد التى تقع فى المنطقة الحارة ، وكذلك فى الأقطار المختلفة الأخرى • وزيادة على ذلك ، ففى استطاعة المهندسين والمنقبين القائمين بأعمال البحث النائية وسط الأحراش أن يتلقوا لا البريد فحسب ، بل والمعونة الطبية وكميات الزاد أيضا •

وآلة الاحتراق الداخلى الذى يعتمد عليها الكثير من النقل الجوى فى العالم انما هى مثل آخر للكيفية التى تغلب بها الانسان بالاستعانة بالعلم التطبيقى على القيود التى ضيقت الخناق عليه بادىء الأمر • وقد رأينا كيف أحدث استعمال القوة الميكانيكية فى النسيج ، واستخدام الآلة البخارية فى النقل تغيرات عظيمة فى حياة سكان غرب أوربا • ورأينا أيضا كيف يستغل الانسان بعضا من المخزونات الهائلة من طاقة الأرض ويشكلها حسب مشيئته • وتتجلى لنا نتائج سيطرة الانسان فى المدينة الصناعية الحديثة بحركة مرورها الصاخبة ، ومصانع حديدها المصلصلة ، وآلاتها التى تئز ، وحفارات طرقها الأوتوماتيكية • ولا يراعى الانسان باستمرار الحكمة فى استخدام سيطرته هذه • وترهقنا جميعا بعض الأحايين فظاعة الانهماك الشديد فى الانتاج الصناعى • وعلى الرغم من ذلك فهناك شىء من المتعة النفسية فى هذا النشاط ، كما عبر عن ذلك شاعر التاج روبرت بريدجز فى قصيدته « عهد الجمال » الديوان الأول ، الأبيات من٤٥-٥٢:

حينما أخذت الى حجرة الآلات يوما فى صباى
فى الورش الصاخبة لمصنع عظيم •
وقفت وجها لوجه مع القوة الدافعة الهائلة
الجاثمة فى ردهة سفلى
والتى جعلت كل الطوابق ترتجف
ألف نول تختلج ، ودواليب غزل ترقص
شعرت فى نفسى برابطة نسب وحنان
نفس الشعور الذى يخالج الأطفال
نحو الغيلان التى يعشقونها •

الفصل الحادي عشر

دراسة الأشياء الحية

يجب علينا أن ننتقل الى ميدان جديد من ميادين الدراسة ، ونتدبر مرة أخرى بعض نواحي التقدم في العلم الخاص بالطبيعة الحية . وقد تتبعنا من قبل كشف هارفي للدورة الدموية . لقد جعل هذا الكشف العظيم الناس ينظرون نظرة جديدة الى الأعمال التي يقوم الجسم بتأديتها . وكان الناس من قبل وقت هارفي يعتقدون بطريقة غامضة أن الدم ينحسر وينساب لكونه الوسيلة لحمل أرواح غامضة تنشأ في القلب والمخ . ولكن اكتشاف هارفي أثبت أن الدم يدور باستمرار ، وأنه يحمل التغذية لجميع أجزاء الجسم . وعلى ذلك أصبحت أفكار الناس أكثر تحديدا . ولقد بدأوا يتساءلون من أين يأخذ الدم المواد الغذائية ، وكيف تنتقل الى الجسم . وأدت مثل هذه الأسئلة الى مزيد من التجارب . وقد أثبتت النتائج أن الجسم الحي يمكن دراسته ، ويمكن وصف العمليات التي يقوم بها على الرغم من أننا لا ندري شيئا عن ماهية الحياة . وقنع رجال العلم من ذلك الوقت فصاعدا بتسجيل ما كانوا يشاهدونه ، معترفين بأن التفسيرات قد لا تكون في متناول أيديهم الى الأبد . وقد تميزت بهذه الظاهرة كل نواحي التقدم في العصور الحديثة .

١ – الدراسات المقارنة

وحيث انه قد ألقيت الأضواء على مزيد من الحقائق الخاصة بجمهرة غفيرة من الأشياء الحية ، فقد أحس الناس بالحاجة الى ايجاد نوع من التنسيق لأفكارهم بواسطة خطة اتخذوها لتصنيفها . والحقيقة أن مجرد تجميع الحقائق دون بذل أي مجهود للبحث عما بينها من علاقات يبدو مستحيلا للعقل البشري .

وهناك أدلة على وجود هذا الحافز نحو التصنيف في المؤلفات العلمية القديمة . فمثلا قام أرسطو أحد أعاظم الباحثين الذين أنجبتهم

الأيام فى ميدان الطبيعة الحية بتصنيف الحيوانات التى لاحظ عاداتها، وتكوينها ، وقد تعرف على أكثر من خمسمائة نوع ، واستعمل فكرة النوع ليدل على قسم أدنى من فصيلة أعلى • واعترف بوجود تدرج فى التعقيد فى جميع أنحاء المملكة الحيوانية ، وخص بالذكر الأقسام الرئيسية ــ الفقاريات واللافقاريات ــ وقام بدراسات كثيرة مقارنة • كما يدل ذلك على تعرفه على العلاقات التى بين بعض الكائنات البحرية والثدييات البرية .

ويبدو أن الذين تلوا أرسطو لم يضيفوا مزيدا من طرق التصنيف . وكان علماء الأحياء (١) حتى القرن السابع عشر قانعين بتسجيل أوصاف تفصيلية لأصناف مختلفة من الأشياء الحية . وابتكر علماء النبات فى ذلك الوقت كثيرا من المصطلحات التى استعملوها كنوع من الاختزال هادفين الى جعل الأوصاف أوجز وأكثر دقة . والحقيقة ان مثل هذا الاقتصاد فى الكلمات يلعب دورا هاما فى جميع الأوصاف العلمية .

وأصبح مفهوم النوع يستعمل كثيرا جدا قرب نهاية القرن السابع عشر ــ كما يستعمل الآن ــ ليدل على قسم محدد نوعا ما بين النوع الرئيسى أو الجنس وبين الجم الغفير من الأصناف (٢) . وعلى العموم فعلى الرغم من أن الأنواع تتفق فى الصفات الرئيسية للجنس الذى تنتمى اليه ، الا أنها تختلف فيما هو دون ذلك من الملامح . ولكن الدراسات التى تلت ذلك وخصوصا دراسات دارون أثبتت أن وجهة النظر هذه تتطلب تحديدا ، وأنه من المستحيل وضع اية قاعدة صارمة فيما يختص بطريقة التمييز بين الصنف والنوع .

وفى النصف الثانى من القرن الثامن عشر وضعت طريقة فعالة لتصنيف النباتات بواسطة عالم نبات سويدى يدعو لينيس (١٧٠٧ ــ ١٧٧٨) . وقد أسس طريقته على الصفات المستمدة من الأسدية والكرابل ، وهى الأجزاء المسماة بأعضاء التناسل فى الزهرة • وأدخلت طريقته فى حسابها عددا قليلا فقط من المميزات الواضحة ، ولكنها كانت ذات نفع كبير فى أيامه ولفترة طويلة بعد ذلك • ومن الممتع أن

---

(١) ان كلمة علم الاحياء بدأ استعمالها فى طليعة القرن التاسع عشر •

(٢) ما يجرى عليه الناس عامة الآن هو تقسيم كل من الحيوانات والنباتات باعطائها اسما مزدوجا يشير الاول الى الجنس الرئيسى والثانى الى النوع • ولذلك فان هناك أنواعا عديدة من نباتات شقائق النعمان نعرف باسم رومانكبولس آكريس ، ورمانكيولس ــ بينز ، ورومانكيولس بيولوسس ، وهكذا •

لوحة رقم ٤٣



دالتون يجمع غاز المستنقعات (من صورة فى صالة عرض الفنون بمنشستر) بريشـــــة فورد مادوكس براون

لوحة رقم ٢٤



رسم توضيحي قديم وطبيعي جدا النبات

نلاحظ أن لينيس أدرج كلا من الحيوانات والنباتات تحت اسم واحد ، الا وهو الكائن الحى . وهو تعبير شائع اليوم . ومع ذلك فان ادخال التعبير يعد مرحلة هامة من مراحل التفكير العلمى ، بتعليقه أهمية على على أوجه التشابه أكثر من أوجه الخلاف ، ومساعدة الناس على أن يكونوا أوسع أفقا فى تفكيرهم .

وظل علماء الطبيعة فى بلاد كثيرة من أوربا طوال القرن الثامن عشر يضيفون الى كنوز المعرفة الخاصة بالكائنات الحية . ونتيجة لذلك ألقى الضوء على كثير من العلاقات الهامة بين هذه الكائنات . فمثلا رؤى أن الفقاريات تتكون طبقا للنظام العام فيما يختص بشكل الهيكل العظمى ، وفيما يختص بالتفاصيل كالأسنان ، والآذان ، والرئتين ، والعضلات الضابطة . وكانت أبحاث جون هنتر ذات أهمية عليا فى ميدان التشريح المقارن . وكانت الدراسات المقارنة بالنسبة له تستخدم لا كمجرد وسيلة تعينه على التصنيف فحسب ، بل كوسيلة لبعض التفهم السليم للصلة التى تربط بين الكائنات الحية ، ولمبدأ الحياة الغامض الذى يتحكم فى جميع أوجه نشاطها .

وأدى هذا بهنتر الى دراسة أثر العادة على تكوين الحيوانات . ولقد لاحظ مثلا أن التغيرات فى الغذاء أحدثت تغيرات فى أعضاء الجهاز الهضمى للطيور . ودرس سرعة وكيفية نمو العظام . وقام بتجارب دقيقة ضم فيها أجزاء مختلفة من جسم حى بعضها الى بعض . لقد غرز مهماز ديك فى عرفه ، ووجد أن سرعة نموه هناك تبلغ ضعف سرعة نمو المهماز الذى ترك على الرجل الأخرى للديك . وبعد زمن هنتر بوقت طويل أدرك الباحثون الآخرون الذين كانوا يظنون أنهم عثروا على شىء جديد فى وظائف أعضاء الجسم الحى أن هنتر قد سبقهم الى هذا كله . وقد أدى هنتر خدمة مباشرة لعلم الأحياء ، ألا وهى طريقته فى تنظيم المتاحف . ان مجموعاته الهائلة قد حصل عليها بعد موته ، وهى تكون الآن جزءا من المتحف الهنترى فى لندن . وقد نظمت متاحف التاريخ الطبيعى التى نراها الآن فى جميع البلاد المتمدنة بدرجة كبيرة على نسق خطط هنتر .

ويمثل هنتر الباحث العلمى فى أحسن حالاته . وكان يبز معاصريه لدرجة كبيرة جدا فى الذكاء واخلاصه للحقيقة الذى لا يكل . انه يقف كشخصية بطولية ، اذ كرس حياته للعلم . وقد مات من نتائج مرض أصاب به نفسه أثناء جهوده لايجاد علاج يخفف آلام مواطنيه .

٢ ـ التغيرات الكيماوية فى الكائنات الحية

لقد أسهم الكيمائيون بمساهمات قيمة فى دراسة الحياة . فقد اثبت بريستلى انه حينما تترك الفئران فى حيز مغلق تموت بسرعة ، ولكن الهواء الذى تجعله بهـذه الطريقة غير صالح للتنفس يمكن أن يرد الى حالته الأولى بواسطة نباتات حية خضراء . وقد رؤى بعد الالمـام بالغازات العامة التى يتكون منها الغلاف الجوى انه بينما يزيد تنفس الحيوان مقدار غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو ، فان النباتات الخضراء النامية نهارا تأخذ الكربون من الغاز ، وبذلك تعيد الأوكسجين الذى فقد فى الأصل وهذه العملية التى تقوم بها النباتات ، والتى تحدث توازنا ملحوظا فى الطبيعة تعرف بعملية التمثيل الضوئى . وبهذه العملية تتكون مركبات الكربون المعقدة مثل النشا والمواد السكرية فى النبات الأخضر من غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الهواء . وهذه العملية لا نظير لها فى المملكة الحيـوانية . وعلى الرغم من أن الأشرار يشبون ويزدهرون كمـا تزدهر شـجرة الغار الخضراء ، الا أن طريقتهم فى الحصول على التغذية تختلف اختلافا جوهريا .

وقد توصل الناس بمرور الوقت الى التعرف على نظام كيماوى رتيب منتظم يلازم عمليات الحياة دوما . وقد أجريت دراسات بهذا الخصوص بتوجيه من لافوازييه عام ١٧٨٠ . ونتيجة لهذه الدراسات وجـد أن الحيوان مثله بالضبط مثل قطعة فحم نباتى مشتعلة يأخذ الأوكسجين ، ويخرج ثانى أكسيد الكربون . وفى احـدى التجـارب التى قام بها لافوازييه أشعل قطعة فحم نباتى فى اناء أحيط بثلج . وقد أعطاه وزن الثلج المذاب تقديرا للحرارة الناتجة (١) ، واستطاع بسهولة أن يحسب كمية الحرارة المنبعثة عن احتراق رطل من الفحم النباتى . وبعد ذلك احتفظ بخنزير غينى فى اناء محاط بثلج ، وأمده بهـواء مـدة عشر ساعات . وفى أثناء ذلك امتصت الغازات المنبعثة أثناء تنفس الحيوان ، وأمكن بعد ذلك ايجاد وزن ثانى أكسـيد الكربون . وحسبت الحرارة المنبعثة على أساس وزن الثلج المذاب . وقدر لافوازييه النسبة بين وزن غاز ثانى أكسيد الكربون المتكون وبين الحرارة الناتجة (أ) فى حالة الفحم النباتى ، (ب) فى حالة خنزير غينيا . وأظهرت النتائج اتفاقا تاما تقريبا كاف لجعل لافوازييه يستنتج أن حرارة الحيوان ترجع الى التأكسد .

---

(١) أجريت تجارب بلاك على الحرارة الكامنة للثلج عام ١٧٦١ . ومنذ ذلك الوقت اعتاد رجال العلم اعتبار الحرارة كمية يمكن قياسها .

وبعد اجراء تجاربه الأولى هذه بسنين قلائل علم لافوازييه بكشف كافنديش للأيدروجين . وقد اعتقد حينئذ أن التباين فى نتائجه لابد أن يكون راجعا الى أن الأوكسجين الذى تمتصه رئتا الحيوان يستعمل من جهة ليؤكسد الكربون محولا اياه لثانى أكسيد الكربون ، ومن جهة ليؤكسد الأيدروجين محولا اياه الى ماء . وقد ظن أن هذا التأكسد يحدث فى الرئتين . وقد ثبت خطأ وجهة نظره هذه بعد موته بخمسين عاما . لقد تحقق الناس حينئذ أن حرارة الجسم راجعة الى التأكسد الذى يحدث فى جميع أجزاء الجسم المختلفة .

وقد خلف من بعد لافوازييه خلف جديد هو جيى لوساك الذى كان مدرسا لليبج أثناء دراسته الأولى فى باريس . وقد دفعت أعمال ليبج دراسة التغييرات الكيماوية للكائنات الحية شوطا كبيرا الى الأمام . وقد رأينا كيف اكتشف ليبج تركيب أعداد كبيرة من المركبات العضوية ، وحاول تطبيق هذه المعلومات على دراسة النباتات وعلى الزراعة . وعرف أن النباتات الخضراء التى تنمو أثناء النهار تأخذ الكربون من غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء ، وما غاز ثانى أكسيد الكربون الا نتاج عادم من منتجات الحياة الحيوانية . ولذلك أدرك أن النباتات ترد الى الهواء الأوكسجين الذى تسلبه الحيوانات . وكان يعتقد علاوة على ذلك أن آزوت النباتات مشتق من آثار غاز النشادر الموجود فى الهواء ، وأنه حينما تتحلل النباتات فانها تعيد الآزوت بهذا الشكل الى التربة . وعلى ذلك تخيل وجود توازن فى الطبيعة بين الحياة الحيوانية والحياة النباتية .

وقد ثبت أن فكرة ليبج عن وجود توازن فى الطبيعة ذات أهمية كبيرة . وقد تبين بعد عصر ليبج أنه أفرط فى تقدير غاز الأمونيا (غاز النشادر) فى الهواء ، وأن النباتات تستمد آزوتها غالبا من التربة . ولذلك فعلى الرغم من أن ليبج كان مخطئا فيما يتعلق بهذه النقطة الخاصة ، الا أن فكرته فى توازن الطبيعة وضعت فى الحقيقة الناس على الطريق القويم صوب دراسة علمية لتغذية النبات وتطبيقها فى مجال الزراعة . وأدرك ليبج أن النباتات تحصل على قدر كبير من غذائها من التربة ، وانه اذا استنفدت بعض أملاح من التربة ، فانها لا تعود قادرة على مد النبات بالحياة . وبين أن خصوبة التربة يمكن استعادتها باضافة هذه الأملاح المفقودة . ومنذ ذلك الوقت صارت اضافة هذه الأملاح ، المسماة بالمخصبات الصناعية ، أمرا رتيبا بين الزراعين فى أنحاء كثيرة من العالم .

ولقد رأينا كيف أنشىء فى معمــل ليبج نتــاج نمطى من الحيــاة الحيوانية من العناصر المكونة له بالوسائل الكيماوية العادية . ومن ذلك الوقت فصاعداً درس رجال العلم التغييرات الكيماوية الناتجة بواسطة الكائنات الحية ، كما يفعلون مع التغيرات الكيمائية الأخرى . لقد أجريت مقاييس دقيقة للتغيرات الكيمائية التى تتم أثنــاء هضم الطعام (١) ، وكذلك لتغييرات حرارة الجسم . وابتكرت خلال السنين الحديثة طرق لقياس الحرارة المنبعثة من رجل يعيش فى حظيرة كبيرة ، وفى درجة من النعيم أكبر بكثير جداً مما تمتع به خنزير غينيا الذى اســتخدمه لافوازييه ، وكذلك قيس العمل الذى يؤديه شخص ما ممتط دراجة ثابتة وهو يحرك البدالات بقدميه . وقورنت الطاقة التى بذلت أثنــاء عدد معين من الساعات فى مثل هذا النشاط بالتغييرات الكيماوية التى تحدث داخل جسمه . وتدل النتائج على ما يلى :

(أ) الطاقة المبذولة فى العمل العضلى ، (ب) الحرارة الناتجة ، و(ج) الطاقة التى أطلق سراحها بواســطة التغيرات الكيمــاوية داخل الجسم ، تتكافأ كلها مع بعضها البعض ، وبمعنى آخر لقد تحقق مبدأ الطاقة فى حالة الشخص الحى .

وعلى ذلك فقد حدث أن قيست التغيرات الكيماوية ، والتغيرات الحرارية ، وتغيرات الطاقة الخاصة بالــكائن الحى ، ووجد أن نفس قوانين تغير الطاقة والحرارة ، ونفس قوانين الاتحاد الكيمائى تنطبق على المادة الحية وغير الحية سواء بسواء . وأدت مثل هذه النتائج الى دراسة الكائن الحى كمــا لو كان مجرد آلة شــديدة التعقيد . وبتمسك رجال العلم بوجهة النظر هذه فترة ما وتجاهل جميع المظاهر الأخرى ، تمكنوا من الوصول الى نتائج كان من المستحيل الوصول اليها لو اعتبر الكائن الحى ككل ، على الرغم مما به من تعقيدات تثير الحيرة .

٣ ـ الخلية

لقد رأينا كيف جدت دراســات عديدة فى القــرن الســابع عشر بالاستعانة بعدسة مفردة . ولقد لوحظ أن مواد كالفلين تتكون من خلايا

---

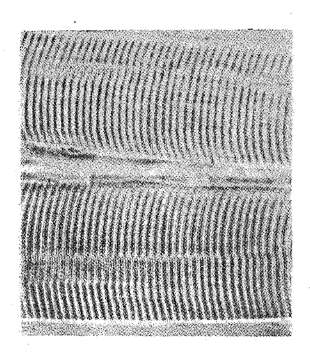
(١) لوحظت بعض التغيرات الكيماوية التى تجرى أثناء عملية هضم الطعام بواسطة باحث سابق يدعى ريومير (١٦٨٥ ـ ١٧٥٧) . بعد ان استخرج ريومر العصارة المعدية من معدة طائر وجد أنها تذيب المواد الغذائية التى يحتفظ بها فى درجة حرارة الجسم ، مبينا بذلك أن الهضم يتضمن تغيرا كيماويا . وكان المفروض سابقا أن العمل الرئيسى للمعدة هو خض الطعام . ويشتهر اسم ريومير بترمومتره ذى الثمانين درجة الذى مازال يستعمل على نطاق واسع فى القارة .

دقيقة مثل شمع العسل . وسرعان ما تعرف الانسان على وجود مثل تلك الخلايا فى كثير من المواد النباتية الأخرى . وبالقرب من نهاية القرن الثانى عشر ، لوحظ أن مواد الأجسام الحيوانية لها تركيب يظهر تحت المجهر كأنه قماش منسوج (لوحة ٢٥) . ومن هنا نشأ لفظ نسيج للدلالة على المادة التى تتكون منها أجزاء جسم الحيوان ، مثل العضلات ، والأعصاب ، والعظام ، والجلد .

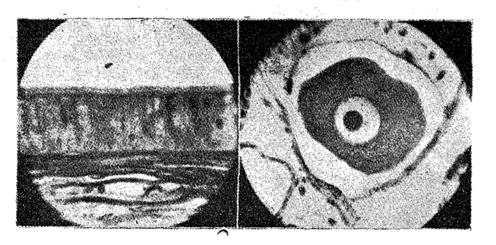
وقد أعطت المجاهر المزدوجة الأولى صورا محرفة مطموسة بواسطة أهداب ملونة . ولذلك فضل رجال الأرصاد فى ذلك الوقت استعمال عدسات مكبرة مفردة فقط . ومع ذلك بين المزيد من الدراسات التى تمت فى أوائل القرن التاسع عشر انه بواسطة الجمع بين عدسات مصنوعة من أنواع مختلفة من الزجاج يمكن تلافى الصور المحرفة والملونة . وقد سمح التقدم فى صناعة الزجاج لرجال الفيزياء بالحصول على نوع العدسات المطلوبة . وعلى ذلك فان المعلومات التى تجمعت من مصادر مختلفة بالاضافة الى التقدم الفنى ، يسرت ايجاد الآلةالصحيحة للعمل الذى نحن بصدده .

ومكن المجهر المزدوج مع التحسينات التى أدخلت عليه الناس من النظر فى داخل الأنسجة الى الخلايا ذاتها التى تتكون منها (لوحة ٢٥) وقد لوحظ أن الخلايا الحيوانية أجسام صغيرة منفصلة بغير حواجز بين بعضها البعض . ولذلك فعلى الرغم من احتفاظنا بكلمة خلية الا انها ليست تعبيرا مناسبا . وقد أثبتت أبحاث أخرى أن كل خلية تحيا حياتها الخاصة . وعلى ذلك فقد أصبح ينظر الى كائن حى مثلالانسان أو الشجرة يتكون من ملايين من الخلايا كمكان ذى عدد سكان هائل تلعب فيه الأفراد أدوارهم الخاصة ، ولكنه فى النهاية تابع للمجتمع الذى يعيش فيه ككل .

ولوحظ اختلاف فى الكائنات الحية اختلافا كبيرا فى درجة تعقيدها ، وقد ظهر هذا بوضوح من وسائل نموها . وعلى ذلك فقد لوحظ أن كائنا حيا بسيطا مثل نبات الخميرة ينمو بمجرد التكاثر ، اذ تتبرعم الخلية مكونة خلايا أخرى . ولوحظ من جهة أخرى ان الكتكوت الصغير ينمو بطريقة تخصص شديدة التعقيد : تكون بعض الخلايا أنسجة الرئتين ، وتكون الأخرى الريش ، وهكذا . وأثبتت دراسات نمو الحياة من أقدم مراحلها ان الحيوانات العليا ، وكذلك الطيور والزواحف تبدأ حياتها كخلية بيض ملقحة (لوحة ٢٥) . وأعطى هذا الكشف اسما جديدا لدراسة الأشياء الحية ، وكشف عن وحدة فى



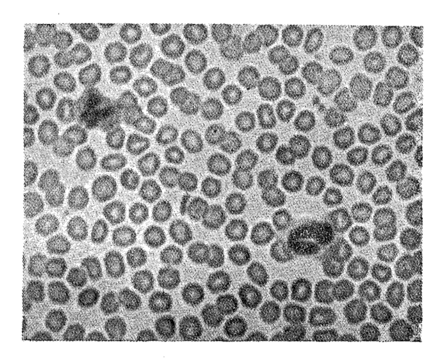
شريحة لعضلة انسانية تحت المجهر
تبين كيف تتكون من أنسجة



الخلية البيضية لقوقع
الخلية معدة تقريبا للاخصاب
وترى النواة بوضوح

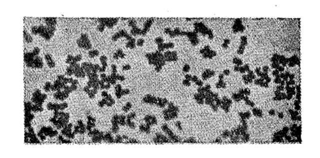
شريحة لجلد دودة أرضية تحت المجهر مكبرة
بدرجة كبيرة يبين الجزء الأسفل من الشكل
أنسجة العضلة

لوحة رقم ٢٦



خلايا دم الانسان مكبرة بدرجة كبيرة

الخلايا نوعان : حمراء وبيضاء • وليست للخلايا الحمراء التى توجد فى الصورة بكثرة نواة ، أما الخلايا البيضاء التى تظهر منهـا اثنتان فلها نواة محددة ، وهى أكبر من الخلايا الحمراء • وتستخدم الخلايا الحمراء فى حمل الأكسجين ، أما الخلايا البيضاء فتؤدى مهام عديدة من بينها محاربة الكائنات الحية الدقيقة التى تسبب المرض •



البكتير العنقودى (السبحى)

نوع من الكائنات الحية الدقيقة يسبب عدوى مثل فرخ الجمرة

الطبيعة لم يحلم بها انسان قط من قبل ، ومكن حياة الانسان نفسه من ان تدرس من وجهة نظر النمو الخلوى .

وقد تقدمت دراسة الخلايا النباتية والحيوانيــة بفضل كثير من الباحثين خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر . وسنذكر اسمى رائدين فقط من هؤلاء الرواد ، وهما العالم النباتى الانجليزى روبرت براون (١٧٧٣ — ١٨٥٨) وعالم الأحياء الألمانى جـ. ا. بيركنج (١٧٨١ — ١٨٦١) . لقد فحص براون أنواعا كثيرة من خلايا النبات ، كما وصف جسما فى باطن الخلية ، هــو النواة ، وكذلك وصف خـلايا الأنسجة الرئيسية لجسم الحيوان . وأدرك ان الخـلايا الجـديدة تنتج بواسطة انقسام الخلايا الموجودة ، ولاحظ ان الخلايا النباتية والحيوانية لها تركيبات متشـابهة كمـا يتضـح من الفحص المجهرى . ولم تلق دراسات بيركنج اعترافا فوريا بسبب بعض الأفكار الخيالية المبهمـة التى تقدم بها الباحثون الآخرون . ومع ذلك فبعد منتصف القرن بقليل اصبحت الأفكار أكثر اتضاحا . وأصـبح رجال العـلم فى بلاد كثيرة يدركون ان الأجزاء الهامة فى الخلية النباتية أو الحيوانيـة هى النواة والمـادة المحيطة بها . وأصبح السائل المـائى ، بما فيه محتويات الخلية وكل من النواة والمـادة المحيطة بها ، يعرف بالبروتوبلازم (الصـورة الأولى) ولوحظ أنه يتحد فى جوهر تركيبه ووظائفه فى كل من بنـاء الخلايا الحيوانية والنباتية . وقد أصبح البروتوبلازم يعتبر الأساس الطبيعى للحياة .

وكان من النتائج العاجلة لتطبيق هذه المعلومات الجديدة عن الخلايا انشاء قسم طبى خاص ، الا وهو قسم الأنسجة المريضة . وكان الفضل الأكبر فى هذا راجعا الى العمل الرائد للطبيب رودلف فيرخاو (١٨٢١ — ١٩٠٢) من برلين . فحص فيرخاو بناء خلايا الأنسـجة السـليمة والمريضـة ، وفتح بذلك الطريق لدراسـة دقيقة لنموات الخلايا غير العادية المعروفة بالسرطان ، وتقوم أبحاث نشطة فى مثل تلك الأمراض فى جميع مراكز الدراسات الاحصائية والطبية الحديثة .

وقد تميزت الدراسات التى ذكرناها حتى الآن بازدياد مستمر فى مجال الفحص الدقيق ، فقد تناول الفحص أولا الـكائن الحى ، ثم الأعضاء ، ثم الأنسجة ، الى أن وصل الى الخلية والبروتوبلازم . وفى خلال السنين الحديثة خطا هذا البحث خطوة أخرى الى الأمام ، فقد فحص الناس نواة الخلية الدقيقة نفسها . وقد تبين أن هذه النواة تتكون من اجسام دقيقة أخرى تلعب دورا عظيم الأهميـة فى تقرير

الـكيفية التى يشبه بها كائن حى جديد أولئــك الذين نشـأ منهم ، وتقدمت كذلك الطرق المعملية تقدما كبيرا جدا لدرجة أن خلايا فردية فصلت عن الأنسجة الحية وظلت حية فترات طويلة . وقد أثبتت مثل تلك التجارب بطريقة مدهشة أن كل خلية انما هى حياة داخـــل كل حى أعظم .

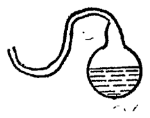
٤ ــ النظرية الجرثومية للمرض

شوهدت فى أيام المجهر الأولى كائنات حيــة دقيقة فى اللبن الحامض والخل واللحم المتحلل . وقد أدرجت مثل هذه الكائنات سويا تحت اسم البكتيريا . وانه لأمر معروف للجميع الآن أن كثـيرا من الأمراض تنتقل بواسطة أنواع معينة من الـكائنات الحية الدقيقــة . وأخـذت وجهة النظر هذه تثبت أقدامها باستمرار خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر ، ولــكن فحصها علميا والبرهنة عليها كان الفضل فيــه راجعا الى ما قام به الكيميائى الفرنسى لويس باستير (١٨٢٢ ــ ١٨٩٢).

كان باستير مولعا فى بدء حياته العملية بالمشــاكل الناشــئة عن صناعة الخمــر والبــيرة الدافئة فى الهواء . ومع ذلك فأحيانا كانت تحمض كميات كبيرة من البيرة الجـــديدة . ويئس صـــانعو البيرة فى منطقة بأجمعها ذات مرة ، وطلبوا نصيحة باستير .

وجد باستير بفحصه الخميرة من البيرة السليمة وغير السليمة تحت مجهر عدة كائنات حية تختلف اختلافا تاما . واستنتج أن هذه الكائنات توجد دوما فى الهواء ، وأن نوعا منها يتسبب فى تحويل النشـــا أو السكر الى الـكحول الذى يحتاجه صانعو البيرة . وهناك كائنات أخرى تفرط فى العملية افراطا كبيرا وتجعل البيرة غير صالحة للشرب .

واستنتج باستير أن هذه الحالات وحالات غيرها من حالات التخمر كحموضة اللبن وتعفن اللحم ترجع الى بكتيريا موجودة فى الهواء . وقــد اثبت هذا بتجربة بسيطة للغاية . أعد قنينــة بها حســاء لحم ملتوية (شكل ٣٨) ، ثم غليت القنينــة غليــا تاما ، وتركت بنهايتها مفتوحة



(شكل ٣٨)
قنينة باستير

للهواء . لقد بقى الحساء هكذا اسابيع دون ان يتخمر . ولـكن عنـد تحطيم الانبوبة مما أدى الى دخول الهواء مباشرة اصبح الحساء حامضا بسرعة . واستنتج باستير ان البكتريا كانت قد بقيت فيما قبل داخـل انتواء الانبوبة ، حيث لا توجد هناك حركة هواء تحملها مع التراب الى داخل القنينة . وقد وضعت هذه التجربة أيضـا حدا لموضوع حوار قديم ، فقد كان المفروض يوما ان قطع اللحم أو الخبز ، أو الجبن التى تفسد وتصير بعد ذلك مغطاة بدويدات صغيرة كانت تفسد لأن بعض صور الحياة هذه كانت تنشأ بالفعل من المادة التالفة . ومع ذلك فقد بينت تجربة باستير بوضوح ان الكائنات الحية لم تكن ناشئة عن المـادة الحية ذاتها . ولذلك أكد بجراة ان الحياة يمكن ان تنشـأ من الحياة فقط . وقد أكدت جميع الأبحاث التى تلت ذلك قوله .

وفى سنة ١٨٦٦ استدعى باستير الى جنوب فرنسا لمعاونة المزارعين المنكوبين فى مناطق انتاج الحرير ، الذين كانوا مهددين فى معيشتهم بمرض أصاب ديدان القز . واقتفى باستير بالاستعانة بالمجهـر كائنين حيين دقيقين متميزين كانا يسببان المرض . لقد تتبع هذه الـكائنات الحية خلال جميع الأطوار التى تمر بها حياة دودة القز من بيضة الى دودة الى يفعة الى فراشة . وبعد أن كشف بواسطة الفحص المجهرى عن السلالة المصابة اثبت أنه من الممكن ايقاف العدوى بالقضاء على هذه السلالة وأماكن توالدها .

وكان باستير قبل هذا الوقت جادا فى متابعـة أمراض اخرى . وسرعان ما استطاع القاء الضوء على ذلك المرض المميت ، مرض الجمـرة الذى يصيب الماشية ، وينتقل أحيانا الى الانسـان . واننا لنجـد أن عمل باستير فى دراسة هذا المرض يتصل بعمل غيره من كبار الباحثين وعلى الأخص الباحث الألمانى روبرت كوخ (١٨٤٣ – ١٩١٠) .

وكان المعروف مدة سنين أن دماء الماشـية التى ماتت بالجمرة كانت تحتوى أجساما كالحبال أطلق عليها فيما بعد اسم الباسـيلات كان من الممكن مشاهدتها بواسطة المجهر . ولذلك فعقب كل وباء للجمرة كانت تتخذ كل الاحتياطات لابقاء الماشية السليمة بعيدة عن الحقول والحظـائر التى كانت بها الماشية المصابة . ولكن ثبت عدم كفاية مثل تلك الاحتياطات وعندما فحص كوخ جراثيم الجمـرة تحت مجهر ، لاحظ انها تحتوى اجساما اخرى (الأبواغ) ذات مقاومة شديدة للتغير . ويمكن ان تظل تلك الأنواع خامدة مددا طويلة ، وبعد ذلك تنمو اذا كانت هناك ظروف ملائمة . وعلى ذلك فان طول بقاء مرض الجمرة فى منطقة معينة قـد عرفت أسبابه .

والآن ظهر باستير على المسرح . لقد أخذ دما من حيوان مصاب بالجمرة ، وجعله يتكاثر فى محلول مناسب كان فى امكانه تخفيفه كيفما يشاء . وقد وجد ان النقطة منه حتى حينما خففه تخفيفا كبيرا كانت مميتة كمرض الجمرة تماما . واستنتج استنتاجا صحيحا ان العدوى التى يحملها الدم المصاب ترجع الى كائن حى كان يتكاثر باستمرار أثناء هذا التخفيف . ولذلك أكد أن الكائن نفسه هو المسئول عن المرض .

ونجح باستير بعد اجراء تجارب كثيرة فى جعل باسيلات الجمرة تنمو فى درجة حرارة اكثر ارتفاعا عن ذى قبل . وحينئذ وجد أن هذه الباسيلات قد ضعفت بدرجة كبيرة ، وانها تحدث فقط نوعا خفيفا من المرض حينما تحقن فى حيوان . وزيادة على ذلك فان هذا الحقن حمى الحيوان من اصابات أخرى . وسار العلاج نتيجة لذلك على النهج الذى سار عليه جينر فى حالات الجدرى . وتكريما لسلفه العظيم اطلق باستير على الطريقة التى اتبعها التطعيم(١) .

والخدمة الكبرى التى أسداها باستير هى اقامته الدليل الواضح على انتقال العدوى بواسطة الجراثيم . وأوجد معاصره كوخ طرقا خاصة للكشف عن هذه الكائنات الحية الدقيقة ، وفحصها ، والكشف عن الأحوال التى تعيش وتتكاثر فيها . ونجح بهذه الطريقة فى الكشف عن جرثومة السل ، ودراسة الكوليرا ، ومرض النوم وقد قامت كل الأبحاث الخاصة بالكائنات الحية المسببة للمرض على الطرق التى أوجدها كوخ .

٥ ــ بعض نتائج النظرية الجرثومية

كان هناك فى منتصف القرن التاسع عشر جراح من جلاسجو يجرى أبحاثا عن أسباب التئام الجروح غير الصحى . وكان مرضاه فقراء سيئى التغذية من الأحياء الشديدة الزحام فى المدينة . وكان هذا الطبيب جـ. جـ. ليستر (الذى اصبح لوردا فيما بعد) (١٨٢٧ ــ ١٩١٢) رجلا اعترفت الدنيا بحق أنه كان من أعظم المحسنين فى العالم .

---

(١) أجرى باستير أبحاثا أخرى مكنته من تحضير طعم لشفاء المصابين بمرض الكلب الخطير الذى ينتقل بواسطة الكلاب المصابة . وفى عام ١٨٨٨ أسس معهد باستير فى باريس لعلاج الكلب طبقا لطريقة باستير . ومنذ ذلك الوقت عولجت آلاف الحالات بنجاح ، ولكن الوقاية خير من العلاج . وقد انقرض الآن المرض من انجلترا واصبح نادر الوجود جدا فى القارة ، بفضل العلاج الفورى للحالات المشتبه فيها وبفضل تكميم الكلاب .

وكان لدى ليستر بالفعل خبرة كبيرة بالجراحة ، وكان حاضرا اثناء اجراء بعض العمليات الأولى التى استعمل فيها الأثير ، والكلوروفورم(١) . وقد مكنت هذه المركبات الجراحين من تأدية عملهم بترو أكثر بواسطة جعل المريض مسلوب الشعور . ومع ذلك كان هناك دائما تخوف من جرح غير سليم أو عفن مما يتسبب غالبا فى تسمم دموى مميت .

وأدرك ليستر ان الالتئام غير السليم كان من شأنه أن يتسبب فى تعفين للأنسجة . وساعدته فى هذا المجال كتابات باستير . وقد عرف منها ليستر ان التعفن تسببه كائنات حية دقيقة . ولذلك حاول ليستر ايصاد الأبواب امام مثل تلك الكائنات الحية حتى لا تصل الى الجرح بواسطة : (أ) جعل الهواء نقيا خاليا من التراب . (ب) جعل أيادى القائمين بالعمليات هى وآلاتهم خالية من الجراثيم أو معقمة . واعتاد ليستر أول الأمر ان يرش الهواء والجرح بمحلول حامض الفينيك الذى استعمله أيضا لتعقيم الآلات وكذلك أيدى القائمين بالعملية . وبعد ذلك استعمل موادا ألطف وعقم آلاته بالتسخين .

وأصبحت طريقة ليستر تعرف باسم الطريقة المطهرة ، وقد أستعملها جراحو الجيش اثناء الحرب البروسية الفرنسية . ولذلك أدت الى انقاذ حياة الكثيرين ، والى تخفيف آلام المصابين . وبعد بعض المعارضة استعملت طرقه فى مستشفيات انجلترا . ومستشفيات القارة ، كما استعملت كذلك فى العيادات الخاصة .

ولم تكن النظافة فى الجراحة أمرا مستجدا ، اذ لوحظت أيام الاغريق القدماء . ولكن الجراحين فى جزائر الاغريق الصغيرة الجميلة كانوا يعملون فى ظروف أكثر ملاءمة من تلك الظروف التى سادت المناطق الصناعية فى أوائل القرن التاسع عشر . وقد حدث ان كان مستوى الأحوال الصحية حينماكان يعمل ليستر فى جلاسجو منخفضا جدا ، وكان معدل الوفاة من الجروح مرتفعا فى العادة . لقد أثارت حالة المصابين السيئة شجن رجل مملوء بالشفقة الانسانية والذكاء العلمى كذلك ، ومن ذلك نشأ العلاج . وانه لما يثير الأسى أن يتصور

---

(١) كان الأثير معروفا من القرن الثالث عشر ولكنه استعمل لأول مرة للتخدير حوالى عام ١٨٤٤ . وقد عزل الكلوروفورم لأول مرة بواسطة ليبج فى سنة ١٨٣١ اثناء أبحاثه فى تركيب الكحول .

الانسان ان الظروف غالبا ما تسوء بدرجة طاغية قبل أن يصل المخلص(١) .

٦ - الحرب المستمرة ضد المرض

لعبت التحسينات التى أدخلت فى علم الصحة فى المائة سنة الأخيرة دورا عظيم الأهمية فى تطور ثورتنا الصناعية الحديثة من ناحية كونها تستلزم تجمع السكان سويا فى مدن كبيرة . ان الطرق الأفضل التى اتبعت فى المحافظة على الصحة ، وتجفيف المستنقعات ، وامدادالناس بالماء النقى ، وبناء مساكن أفضل ، تلك الخطوات التى بدأت فى أوربا الغربية بالفعل فى النصف الثانى للقرن الثامن عشر نتج عنها انخفاض مستمر فى معدل الوفاة ، وفى الاختفاء التام لبعض الأمراض . فمثلا كانت الملاريا التى كانت تعرف سابقا باسم « حمى البرداء » والتى ذكرها شكسبير كثيرا فى شعره منتشرة حتى فى لندن الى منتصف القرن التاسع عشر . ولكن حالات المرض أصبحت أقل بكثير بعد تجفيف وادى التايمز الذى كان له اثر فعال . وأصبح المستوى الصحى فى القرن التاسع عشر أعلى بكثير فى معظم أنحاء أوربا وامريكا الشمالية . وكان الفضل الأكبر فى هذا يرجع الى ارتفاع مستوى التعليم الذى أمكن بواسطته تطبيق نتائج ما اكتسبه الناس من الخبرة فى ايجاد نظام منسق مستنير من الحياة بين الغالبية العظمى من السكان . ومنذ ذلك الوقت فان الملاريا ، والطاعون ، والتيفوس ، والدوسنتاريا ، وهى امراض كانت يوما ما موجودة فى جميع أنحاء العالم ، لا تحدث الآن الا نادرا فى بلاد المناطق المعتدلة .

ومع ذلك ففى المنطقة الاستوائية ما زالت تلك الأمراض تقتضى من الحياة ضرائب باهظة ، وجعلت فى وقت من الأوقات كثيرا من المناطق غير صالحة لسكنى الرجل الأبيض . وكان النجاح الذى صادف الانسان فى كبح جماح هذه الأمراض وغيرها انتصارا للدراسة العلمية. فمثلا ، بذل الباحثون جهودا مشتركة فى تتبع سير الملاريا ، ووجدوا انها ترجع الى كائن حى دقيق يعيش فى نوع معين من البعوض . وقد

---

(١) قبل أن يأتى ليستر بطريقته ببضع سنين كان هناك طبيب هنغارى يدعى سيميلوس (١٨١٨ - ١٨٦٥) يعمل فى مستشفيات الولادة فى فينا هاله عدد الموتى بين الامهات المسكينات ، واكتشف أن السبب هو التدخل غير المحدود من الأطباء الملازمين الذين لايغسلون أيديهم . ولذلك أصر سيميلوس على استعمال وسائل مطهرة ، وكان من نتيجة ذلك أن توقفت نسبة الوفاة العالية .

اثبتت الدراسات المجهرية الدقيقة ان هذا الكائن يدخـــل مرحلة من مراحل النمو فى البعوضة ، وان عضة من البعوضة تنقل هذا الكائن الى دم الانسان ، وهناك يدخل مرحلة نمو أخرى محدثا بذلك اعراض الملاريا . وعلى ذلك فان الكائن يعيش فى البعوضة والرجل ، ويمكن لكل منهما ان ينقل العدوى للآخر . ولذلك رؤى ان محاربة المرض تتلخص فى وقاية الأفراد من لسعات البعوض ، والقضاء على أمكنة توالده بتجفيف الأرض ، واقتلاع الأدغال ، وتنظيم فيضانات الأنهار قدر المستطاع . ولاقت مثل تلك الاجراءات نجاحا تاما فى بنـــاما ، ومكنت المهندسين من انشاء القناة المشهورة . وكذلك توقفت الحمى الصفراء فى كثير من أنحاء العالم . والحمى الصفراء التى يحملها البعوض مرض أكثر اماتة من الملاريا . ومن شـــأن السيطرة التامة على هذه الأمراض اضافة مساحات شاسعة أخرى الى الرقعة المنزرعة ، وجعـل الحياة فى المنطقة الاستوائية أقل تعرضا للأخطار .

وأنها لحقيقـة مشهورة ان بعض الناس يسعدهم الحظ فيهربون من المرض حتى ولو تعرضوا للعدوى . انهم يقولون ان لديهم منـــاعة ، وبدراسة مثل هذه المناعة ، وبالدراسة التفصيلية للطرق التى قـــد تسبب مناعة للأفراد تقدم العلم بخطى واسعة خلال الخمسين سنـة الأخيرة . وقد ربط العلم نفسه فى هذا المجال بما تقوم به السـلطات المشرفة على الصحة العامة ، ووقى الناس من أمراض كثيرة .

وبدات دراسة المناعة بعمل جينر فى القرن الثامن عشر . ولـكن الفضل يرجع بالفعل الى باستير وكوخ فى ارجاع كثير من الأمراض الى الكائنات الحية . ولقد رأينا كيف أن باستير وجد أنه من الممكن زراعة بعض الكائنات الحية المسببة للأمراض ، وبذلك يمـكن جعلهـا أقل اماتة . وقد أبان أيضـــا انه حينما تحقن مثل هذه الجراثيم الضعيفة المزروعة فى حيوان ، فانها تكسب هذا الحيوان مناعة ضد اصـابات أخرى بالمرض . وقد أبان تلامذة باستير أن المرض المعروف بالدفتريا يرجع الى سموم ، أو توكسينات ، ناشئة عن كائن حى يعيش فى حلق المرض . ووجدوا ان الجسم يحدث رد فعل بانتاج مادة لها مفعول مضاد نسميها مضاد التوكسين . وقد هيأ تحضير مضادات التوكسينات هذه فى المعمل للأطباء الوسيلة لعـــلاج الدفتريا ، ولاعطـــاء مناعة ضد الاصابة بها .

ومن الممتع لنا ان نلاحظ كيف ان طرق باستير وكوخ قـــد اتبعت بحذافيرها فى انحاء كثيرة من العالم . وعلى ذلك فان تلميذا روسيـا

لباستير كان يعمل موظفا فى الحكومة البريطانية للهند وجد وسيلة لجعل الناس يكتسبون مناعة ضد الطاعون الذى كان يتهددهم ، ونجح تلميذ يابانى لكوخ فى تحضير (زرعة) تحدث مناعة للكائنات البشرية ضد التتيتانوس المميت . وأصبح هذا العلاج أمرا رتيبا بالنسبة لجرحى الحرب العالمية ، وبذلك أنقذ حياة أناس لا حصر لهم . وقد ابتكرت طرق الوقاية ضد حمى التيفود بواسطة أحد الباحثين فى باريس . وقد تضمنت مثل هذه الطرق جميعها دراسة مفصلة للكائن الحى وآثاره فى الجسم البشرى ، مع اتقان للطرق المعملية التى تستعمل فى اختيار المرض وايقاف تقدمه وتحضير مواد تحصين مناسبة .

وهكذا قام النجاح الذى حوربت به كثير من الأمراض على الأبحاث المعملية فى الكائنات الحية نفسها المسببة للأمراض . ولكن مازال هناك الكثير من الأعمال التى يقتضى الأمر القيام بها . وعلى الرغم من تعرف كوخ على الكائن الحى ، أو باسيل السل فى تاريخ يرجع الى ١٨٨٠ ، فقد فشلت الجهود التى بذلت لعلاج هذا المرض الى الآن بواسطة مضادات التوكسين ، أو بواسطة غيرها من الطرق المباشرة ، وتدل الاحصاءات ان معدل الوفيات من السل أقل بدرجة كبيرة فى جميع انحاء اوربا الغربية والوسطى عما كانت عليه منذ خمسين عاما . وهذه النتيجة الطيبة يجب أن تنسب الى التحسينات العامة فى علم الصحة والى ارتفاع مستوى المعيشة الذى نتج عنه اسكان أفضل ، وتغذية أفضل . ومع ذلك فان السل مازال هو وباء الرجل الأبيض . وحيث انه يصيب الناس فى شبابهم المبكر ، وفى طفولتهم ، فان إيجاد وسائل أفضل للسيطرة عليه تكون لها نتائج بعيدة المدى فى جميع البلاد .

ومن المهم أن نتذكر كيف أن العمل العلمى فى جميع المجالات يزداد ترابطا بعضه ببعض بمرور الزمن . فمثلا استطاع رجال الكيمياء العضوية بتفكيرهم فى حل لغز الجزئيات تكوين عدة صبغات . وقد وجد أن لهذه صلة خاصة بأنواع معينة من الخلايا ، وانواع معينة من الكائنات الحية . ومكن هذا الكشف كوخ من عزل جراثيم السل والكوليرا . وتلوين الكائن الحى بهذه الصبغة جعله يتميز تميزا واضحا عن السائل الذى عاش فيه طويلا . ولم تمكن الصبغات الباحثين فحسب من رؤية الكائنات الحية ، ولكن صبغات معينة ، ومركبات أخرى استعملت للقضاء على الكائنات الحية الغازية دون الحاق ضرر بالكائن الذى دخلت الى جسمه . وبهذه الطريقة ، وبعد محاولات كثيرة اكتشفت مركبات اذا حقنت فى

جسم الانسان قضت على الكائنات الحية التى تتسبب فى بعض الأمراض المخيفة .

ولقد عثرنا على كثير من الأمثلة كان القياس الدقيق فيها ذا أهمية لا تقدر فى تقدم العلم . وقد مهدت وسائل القياس التى استخدمت لتقدير ما يقوم به جسم الانسان من أعمال الطريق لعلاج كثير من الأمراض ونضرب مثلا لذلك استعمال الأنسولين لعلاج مرض السكر . وقد اعتمدت طريقة العلاج على التحليل الدقيق لكمية السكر فى الدم . ووجد أن هذه الكمية من السكر تتوقف على العمليات التى تجرى فى العضو المعروف باسم البنكرياس. وقد أصبح فى حيز الامكان محاربة كثير من أنواع مرض السكر بين الكائنات البشرية باعطاء المريض جرعة مستخلصة من خلايا بنكرياس الحيوانات .

وقد طبقت طرق القياس فى المسائل الخاصة بالتغذية ، وأدت الى الالمام بتلك المواد الغذائية التكميلية التى تسمى فيتامينات ، والتى نقرأ عنها كثيرا جدا فى صحفنا اليومية . ولقد أبان الجراح البحرى لايند فى القرن الثامن عشر أن الصحة تعتمد على كميات صغيرة من أنواع معينة من الطعام . وقامت استنتاجات لايند على تجارب محددة . لقد عمل ترتيبه على وجوب اعطاء بعض المرضى المصابين بالأسقربوط برتقالا وليمونا ضمن غذائهم ، أما الآخرون فلا ، ولكن يجب أن تكون الأحوال فيما عدا ذلك متشابهة ما أمكن . وقد اقتنع لايند بمثل هذه الطريقة من طرق الرقابة أن عصير الفواكه ذو اثر قوى فى الوقاية من الأسقربوط . وفى أيامنا الحديثة أدت التجارب المحدده التى تشمل مدى واسعا جدا والتى تتم فى أحوال تتسم بدقة لا تتيسر الا فى المعمل فقط الى التعرف على الفيتامينات الجوهرية للصحة . وقد عزلت بعض هذه الفيتامينات وتحدد تركيبها .

وفى خلال الخمسين سنة الأخيرة أيضا استعملت طرق القياس فى تفسير الاحصاءات الطبية . ولقد رأينا كيف ان مجرد الاحتفاظ بسجلات للمواليد والوفيات والاصابات المرضية قد ساعد على ضمان تكوين مجتمع صحى. ومن المحتمل أن يساعد الفحص الرياضى للاحصاءات وعلى الأخص احصاءات الأمراض الوبائية على تفهم بعض المشاكل المتعلقة بانتشار المرض . وعلى الرغم من محاربة كثير من الأمراض ، وعلى الرغم من أن الناس فى البلاد المعتدلة قد طال عمرهم ، ويتمتعون بصحة أفضل عن ذى قبل ، الا ان الطبيب غالبا ما يجد نفسه لا حول له ولا قوة حينما تواجهه آلام البشر . والحق ان الانجازات الحديثة فى الطب كغيرها فى فروع أخرى من المعرفة تبين لنا أن هناك آفاقا واسعة باقية الى الآن مازالت فى حاجة لأن ترتاد .

الفصل الثانى عشر

مفهوم .. النشوء والارتقاء

١ ـ الحياة فى العصور الغابرة

بينما كان باستير يتابع فى هدوء أبحاثه الأولى فى حموضة الخمر،وفى الأمراض التى تصيب دود القز كان رجال العلم فى العالم فى حمى من الهياج ناتجة عن نشر شارلز دارون (١٨٠٩ـ١٨٨٢) كتابهفيأصل الأنواع عام١٨٥٩ • لقد كانت الأفكار الجديدة قد أخذت تتجمع من سنين،وأخذت تشغل بال كثير من الناس قبل أن تظهر النظرية علىبساط النقاش العام• ولقد بدأت المتاعب عندئذ ، وأخذ أولئك الناس الذين ليس لديهم أبسط فكرة عن طبيعة البحث العلمى يستنفدون عواطفهم عبثا فى استنكار النظرية دون أن تكون لديهم أى فكرة اطلاقا عن معناها •

وقد نشأت الأفكار الجديدة نتيجة دراسات كثيرة من كائنات حية ، قامت بدرجة كبيرة على ما تم من كشوف عن الحياة فى العصور الغابرة • لقد أخذ خيال الناس يسرح أجيالا مدبدة دون ضابط فيما يختص بنشأة الأرض وما عليها ، وفيما يختص بتاريخها القديم • ومع ذلك فانهم لم يبدأوا فى الدراسة المنظمة وتجميع الأدلة حتى السنين الختامية للقرن الثامن عشر • وقد كشفت بعد ذلك الاستنتاجات التى تميزت بالألمعية عمر الأرض العظيم المدى أولا ، ثم شيئا عن تاريخها ، ثم حقائق عن سكانها السابقين •

وأبانت الدراسات التى أجريتفى الصخور والمحاجر أن الأرض تتكون أحيانا من سلسلة طبقات مستوية تعلو بعضها بعضا وأحيانا ــ كما فى الجهات الجبلية خاصة ــ من طبقات غير مستوية تبدو كأنها مدفوعة من أسفل الى أعلى • وتكون الطبقات المستوية ما نسميه بالصخور الرسوبية التىوصفت وصفا منظما لأول مرة بواسطة عالم مساحة انجليزى ظهر فى أواخر القرن الثامن عشر ، ألا وهو وليام سمث (١٧٦٩ـ١٨٣٩)• الذى يعرف أحيانا باسم « أب الجولوجية الانجليزية »• وقد جاب سمث أرجاء

البلاد كثيرا ، وكان يلاحظ أن طبقات الصخور الرسوبية كانت تتبع نفس النظام٠ ولاحظ أنها لا تتميز فقط بالمادة التي تتكون منها كالحجر الطباشيرى أو الحجر الرملى، ولكنها أيضا تتميز بوجود بقايا من الحياة النباتية والحيوانية ، وهذه البقايا هى ما نعرفها باسم الحفريات ٠ وحينما كانت تستخرج قطع صغيرة من الصخر مطبوع عليها رسوم السرخس ، أو المحار وقتا ما أثناء الحفائر ، كان الناس يظنون أنها مجرد تحف ٠ ولكن بعد أن تبين أنها تنتمى الى طبقات صخر منتظمة اتضح للناس على مهل أنه لابد أن يكون للحفائر معنى أعمق ٠

وفى أثناء ذلك وضعت الدراسات التى قام بها باحثون سابقون من أمثـــال جيمس هتون (١٧٢٦ ــ ٩٧) الأسس لنظريات بناءة ــ ١ ــ وكان هتون متيقنا أن التقديرات التى تحدث بتآكل الأرض بواسطة الأنهار، وبتكوين أرض جديدة بواسطة تراكم رواسب جديدة كانت تدل على أن الصخور الحالية التى يتكون منها سطح الأرض قد تكونت جزئيا من صخور أقدم منها ، وأن الأرض مازالت تتخذ أشكالا جديدة ــ ٢ ــ ٠ وأدرك هو واتباعه أن الطبقات السفلى من الصخور الرسوبية لا بد أنها تكونت قبل الطبقات التى تعلوها ٠ ونتيجة لذلك تكون الطبقات السفلى أقدم ، وتكون الطبقات مرتبة حسب أعمارها ٠ ولكن هذه الطبقات وجد أنها تحتوى حفريات، ولذلك تيسرت الوسيلة لمعرفة أية حفرية كانت أقدم من الأخرى٠

وفى أوائل القرن التاسع عشر يسرت دراسة الحفريات دراسة أدق حلولا كثيرة لما انطوى عليه الماضى من مسائل استعصت على الأفهام ٠ لقد وجدت حفريات الكائنات البحرية فى أماكن عالية بين التلال ، ووجدت بقايا الكائنات المحبة للماء مدفونة تحت رمال الصحراء ٠ وكانت مثل تلك الحقائق تشير الى حدوث تغيرات عظيمة فى الكتل الأرضية والبحرية قبل تدوين التاريخ بأحقاب سحيقة ٠ وكذلك فقد اشارت بقايا حيوانات الرنة والدببة التى وجدت فى المناطق المعتدلة من أوربا الى جو أبرد بكثير ساد هذه الأصقاع ذات مرة ٠ وبما أنه من المعروف أن درجة حرارة الشتاء

---

(١) من أمثلة ذلك الرسالة التى قدمت للجمعية الملكية فى أدنبره عام ١٧٨٥ وعنوانها : نظرية الأرض أو بحث القوانين المشاهدة فى تكوين وانحلال ، واستعادة الأراضى على ســـطح الكرة الأرضية ٠

(٢) أن أجازة يقضيها الانسان متجولا حول اجزاء من الساحل الانجليزى لكافية لاقناع كل ذى عينين أن يرى البحر فى بعض النواحى يجرف الأرض بسرعة مزعجة وانه فى نواحى أخرى تبنى الرواسب البحرية والنهرية المزبد من الأرض باستمرار ٠ فمثلا يكتسح ماء البحر الساحل بالقرب من لوستوفت أما الأرض بجوار دينجينيس فانها تمتد تدريجيا داخل البحـــر ٠

والصيف تختلف فى حدود ثابتة نوعا ، فقد استنتج بحق ان المناخ البارد كان ينتمى لحقبة سحيقة ، وأنه لا بد أن تكون الأرض أطول عمرا مما ظنه الناس يوما ما • وقد بذلت محاولات عديدة لحساب عمر الأرض من السرعة التى تكونت بها الطبقات الجديدة • وكانت كل التقديرات التى نتجت عن هذا كبيرة جدا ـ ١ ـ •

وأخذ الناس تدريجيا يفكرون فى الأمور على أساس مقاييس زمنية واسعة المدى ، وأصبحوا مستعدين لتفسيرات أخرى للحفريات •وعلى ذلك فعند فحصهم لأقدم أنواع الصخور لم يجدوا أثرا لأية كائنات ذات عمود فقرى • ووجدوا حفريات زواحف فى الصخور الأقل عمرا ، ولم يجدوا حفريات تدل على تكوينات تشبه تكوين الحيوانات الثـديية المعروفة الا فى الصخور الجديدة نسبيا • وقد أبان هذا بوضوح أنه أتى على الأرض حين من الدهر لم تكن هناك فيه كائنات فقارية كالطيور ، أو الأسماك ، أو الحيوانات ذات الفراء ، أو الناس •

وقد كشفت دراسات مضنية عن سلسلة كاملة من الصخور الرسوبية، كل طبقة بحفرياتها الخاصة • وعندما فحصت هذه رؤى أنها تدل على تطور منظم ، ووجد أن حفريات الطبقات الأكبر عمرا أبسط من حفريات الطبقة التى تعلوها • ودلت أوجه التشابه الوثيقة بين الحفريات على أنها لنفس الكائن • وقد تغيرت هذه الصـور ببطء خلال أجيال لا حصـر لها أثناء أحقاب طويلة من الزمن • وكانت فى كل مرحلة تصبح أكثر تعقيدا بقليل •

ولقد لخصت المعلومات التى وجدت عندئذ عن تاريخ الأرض وعن تاريخ سكانها فى العصور الماضية فى مؤلف قيم لتشارلز ليل(١٧٩٧ ـ ١٨٧٥) عنوانه مبادىء الجولوجية نشر عام ١٨٣٠ • وقد طبع هذا الكتاب عدة طبعات ، وكان له أثر عظيم فى كل من انجلترا والقارة . لقد شرح ليل

---

(١) أن أحسن دليل لدينا الى الآن هو الدليل المستقى من الصخور المحتوية على مواد اشعاعية ، اذ أن العناصر المشعة مثل الراديوم ، واليورانيوم ، تقذف باستمرار بجسيمات، وتتحول الى شىء آخر بهذه العملية • وآخر نتاج لهذه المواد جميعها هو الرصاص • وذرات الرصاص ثابتة ولا تنفلق بعد ذلك • وفى استطاعة علماء الفيزياء فى المعمل وزن الرصاص الناتج عن وزن معين من اليورانيوم فى وقت معين • اذن فلو وجدت نسبة الرصاص فى معدن محتوى على يورانيوم بالتحليل الكيماوى مع افتراضنا أن معدل التغيير واحد خلال العصور كلها ، ففى امكاننا تقدير طول الوقت الذى نكون فيه هذا الرصاص ، وتقدير عمر المعدن على الأقل تبعا لذلك • وقد قدر عمر بعض الصخور بمقدار ١٢٠٠ مليـون سنة على الأقـل •

طرق علماء الطبيعة الفرنسيين العظام ٠ ــ١ ــ الذين فحصوا أنواعا كثيرة من الحفريات بدقة بلغت درجة أدت بهم ، كما قال،الى أن يفكروا أن الأرض كانت فى عصور متتالية موطن نباتات وحيوانات ذات أجناس مختلفة ٠ وقد أبان ليل أنه باطلاق نفس الاسم على حيوانات الحفريات وضرائبها الحية ، أصبح الناس متقبلين لوحدة الطبيعة فى العصور المختلفة ٠ وقد اعتبر هو نفسه أن الحفريات تمدنا بموجز لتاريخ العالم يمكن قراءته كسجل فى كتاب ٠ وقال ان المذكرات القديمة للطبيعة قد كتبت بلغة حية ٠

وكان خيال رجال الفكر قبل ذلك قد صار أكثر نشاطا ٠ وأدرك كثير من معاصرى ليل بشكل غير متضح فكرة تسلسل الحياة بشكل متصل خلال العصور ٠ حـان الوقت حينذاك للتعبير عن هذه الفكرة بالتعليم العظيم الذى قدمته نظرية النشوء والارتقاء ٠

٢ ــ مفهوم التطور

هناك اتفاق عام بين رجال الفكر اليوم على أن الكائنات الحية التى نراها حولنا نشأت من أجداد أبسط منها ، وأن أشجارنا ونباتاتنا العادية أيضا نشأت بدورها من أنواع أبسط منها بعملية تغير تدريجى ٠ وبمعنى آخر هناك ايمان بما يسمى تطور ٠ وبما أنه لا يمكن أن يكون هناك شك فى التطور لدى أى أنسان يكلف نفسه مشقة التفكير الا أن هناك قدرا كبيرا من الشك فى كيفية حدوث مثل هذا التطور ، وكيف مازال يأخذ مجراه٠ دعنا أولا نلقى نظرة سريعة على بعض الأدلة التى تشير الى حقيقة التطور٠

لننظر أولا الى الصخور ٠ ان الأدلة التى تجمعت أثناء النصف الأول من القرن التاسع عشر قد اتسع مداها اتساعا هائلا منذ ذلك الوقت ، ولكنها قد أبانت دائما تعقيدا متزايدا فى الحفريات من الصخور القديمة للصخور الأحدث منها ٠ ولا حاجة لنا فى القول أنه من الضرورى التحلى بقدر كبير من الصبر فى البحث عن وجود سلسلة منتظمة ٠ ولكن حينما تكتمل الأدلة فانها تشير الى القول بأن الحياة نشأت فى كل مرحلة من مراحل التطور من حياة سبقتها ٠

والمجموعة الثانية العظيمة من البراهين مصدرها دراسات الكائنات الحية الآن ٠ فاذا نظرنا الى هياكل كل من ساعد الانسان ، وجناح الطائر ، وذيل الحوت ، والساق الأمامية للغزال أو الجواد أو البقرة نجد أن تركيبها

---

(١) لامارك (١٧٤٤ ــ ١٨٢٩) ، كيفيير (١٧٦٩ ــ ١٨٣٢) سانت هيلير (١٧٧٢ ــ ١٨٤٤) ٠

واحد فى أساسه • ففى كل حالة منها عظمة واحدة ، المفصـــل ، يتبعها عظمتان ، وبعد ذلك مفصل أكثر تعقيدا (المعصم) الذى تتفرع منه عظام (الأصابع) • وللخفاش مثلا أربعة أصابع طويلة جدا يقوم عليها جناحه كهيكل المظلة ، وابهامه مخلب قصير • وللغزال اصبعان كبيران فى الوسط يكونان حافره المشقوق ، واصبعان صغيران فى كلا الجانبين ، ولا ابهام له • وكذلك نجد بفحصنا كائنات فقارية أخرى انها تسير على نفس المنوال مع اختلافات فردية • وبنفس الطريقة يتبين علماء النبات تشـــابها فى تركيب العائلات النباتية •

وهناك مصدر عظيم ثالث لاقامة البرهان على هذا ، هو وجود أطراف وأعضاء لا فائدة منها لحيوانات تعيش الآن ، لم يكن هناك داع لان تزود بها لو أن كلا منها قد خلق بمفرده • فللحوت مثلا بقايا هيكلية لرجـــل خلفية ، رجل أثرية كما يقول علماء الحيوان . وهذا يبين أن الحوت سليل حيوان برى كان فى حاجة الى أربعة أرجل • وكذلك فلبعض الحيات أرجل أثرية بمخلب بارز من الجلد تدل على تناسل من حيوان زاحف ذى أربعة أرجل كان يعيش فى الماء واليابس •

وعلاوة على ذلك فاذا فحصنا تطور الكائنات قبل ولادتها ، أى الأجنة ، فاننا نرى أن أجنة الكائنات التى تختلف اختلافا بينا فى مرحلة المراهقة تتشابه تشابها ملحوظا فى المراحل الأولى من حياتها • وكذلك فعنـــد فحصنا لجنين كائن معين ، ومقارنة مظهر الأجنة فى أطوار نموها المختلفة ، فانه يبدو أن هذه التغيرات تتفق مع تلك التغيرات التى لابد أن أجداده قد مرت خلالها فى عصور سحيقة • ويمكن مشاهدة مثل تلك التغيرات فى السمك بعد فقسه من البيض . فمثلا يسبح سمك التيربوت (١) الكبير منبطحا بالقرب من قاع المحيط ، وتوجد عيناه فى جانب واحد من رأسه • ومع ذلك فان التيربوت فى أثناء تطوره بعد خروجه من البيضة يبدأ بعين واحدة فى كل من جانبى رأسه كمعظم الأسماك التى تحترم نفسها وتسبح منتصبة ، ومع ذلك فان موضع العينين يتغير تدريجيا بنسبة تغير موضع الرأس • وعلى الرغم من ذلك فان السمكة غير الناضجة تواصل السباحة منتصبة • ومع ذلك تصبح العينان فى الطور الأخير فى جانب واحد من الرأس ، وتقضى حياتها منبطحة بالقرب من قاع المحيط تبحث عن سمك تستطيع ابتلاعه • ومن الممكن ذكر أمثلة أخرى كثيرة • ويبدو كما لو أن الكائن المتطور قد تذكر تاريخ أسلافه الماضى ، وأنه يمر فى حياته القصيرة قبل اكتمال نضوجه خلال تاريخه مرة ثانية ، على الرغم من أنه لايستفيد فى النهاية أى فائدة من بعض المراحل التى يبدو أنه مصر على تكرارها •

---

(١) التيربوت سمك أوربى مفلطح (المترجم)

وقد أبنا آنفا نوع الحجج التى تؤدى الى النتيجة التى تتلخص فى أن الجماهير الغفيرة لأنواع الكائنات الحية التى نراها اليوم لم تخلق كلها على انفراد ، ولكنها تطورت عن أنواع مماثلة • وتمكننا نظرية التطور مثلها مثل كل نظرية صحيحة أخرى أن نربط سويا بين كثير من الحقائق التى استمدت من المشاهدة ، وأن نبسط أفكارنا • وبدون نظرية التطور فاننا نضل طريقنا بين أصناف الكائنات الحية التى تحير الألباب ، دون أن نلم بأى تفسير معقول لكيفية انتساب مخلوق لغيره من المخلوقات •

ودون أن نجد وسيلة لتفسير الحفريات ، ودون أى تفسير معقول للبقايا الأثرية أو أوجه التشابة التكوينية ، أو ما يبدو فى نمو الجنين من التلخيص الموجز للتاريخ •

ولقد ذكرنا حتى الآن الخطوط الرئيسية للأدلة التى تؤدى بنا الى قبول حقيقة التطور • هيا بنا الآن نذكر بايجاز تام بعض الحجج التى قدمت لتفسير كيفية حدوث هذا التطور • ان هذا يؤدى بنا الى أبحاث دارون • ففى كتابه الرئيسى وعنوانه الكامل : بحث فى أصل الأنواع بواسطة الانتخاب الطبيعى أو بقاء الأجناس الصالحة فى الكفاح من أجل الحياة : سجل دارون قدرا هائلا من المشاهدات رابطا بعضها ببعض • وكان بعضها نتيجة بحث استغرق أعواما فى قارات بعيدة ، وبين جزر لم تطأها قدم انسان • وقام بالبعض الآخر علماء طبيعيون فى بلاد مختلفة تضمنت أبحاثهم دراسات الكائنات البرية وكذلك النباتات المستأنسة • وهكذا بتجميعه قدرا هائلا من المشاهدات ، فحص دارون الأدلة التى اعتبر أنها ألقت بعض الضوء على ما قد ظل مدة طويلة لغزا غير قابل للحل ، ألا وهو أصل أنواع الأشياء الحية الكثيرة المتباينه •

٣ ـ نظرية الانتخــاب الطبيعى

ان المجال الشاسع للحياة الذى تفتح أمام أعين دارون أراه الطريقة المدهشة التى تتلاءم بها الحيوانات والنباتات مع طريقتها الخاصة فى الحياة• ورأى أن الاختلافات فى التكوين واللون والعادات تمكن الكائنات الحية من ملاءمة نفسها مع بيئتها • ورأى دارون كغيره من الباحثين كيف أن أمثال تلك الملاءمات تجعل فى امكان الحيوانات تفادى اكتشاف أعدائها المتربصة بها • ورأى أن كثيرا من الأزهار بسبب ذات تكوينها تسهل عملية الاخصاب التهجينى ، وبذلك تضمن تهجين أصناف نفس النــوع بعضها لبعض • وعلاوة على أن مثل تلك الملاءمات أحيانا ما تحمى أفراد الكائن الحى ، فهى تضمن زيادة على ذلك بقاء النوع بوجه خاص • وقد ذكر كثير من المؤلفين قبل الزمن الذى ظهر فيه دارون مثل هذه الحقائق على أنها دليل على وجود

غرض وراء أوجه نشاط الطبيعة كلها . ومع ذلك سعى دارون الى أن يبين أن مثل تلك الملاءمات مع بعض المميزات الأخـــرى للكائنات الحية يمكن تعليلها بشكل مرضى بواسطة أسباب طبيعيه .

وقد وجه دارون اهتمامه الى الأصناف التى لا حصر لها بين الأنواع العديدة للأشياء الحية ، ورأى أن التنويع بين النوع الواحد أحيانا مايرجع الى التدخل المتعمد من الانسان ، كتربية أنواع معينة من الكلاب مثلا . وأدرك أن الجهود التى يبذلها زارعو الحدائق لانتاج زهور وفواكه خاصة كان ينتج عنها قدر كبير من التنوع . انه رأى فى الحقيقة أن الاستئناس جميعه كاستئناس الحيوانات البرية ، أو زراعة نباتات الأسجية مثل الورد البرى والتفاح المر تنشىء أصنافا جديدة بين نفس النوع .

ولاحظ دارون زيادة على ذلك تباينات فى النوع الواحد حتى حينما لا يكون هناك تدخل من قبل الانسان . وظن أن التغيرات فى النوع الواحد التى تركت هكذا لتتوالد قد تكون راجعة الى انتقال مميزات معينة من جيل الى الجيل الذى يليه . وتخيل أن عدم استعمال بعض الأعضـــاء أو الأطراف ، أو من جهة أخـــرى استعمالها المفـــرط قد يتـــرك أثره بكيفية ما على النوع . ولكنه أدرك أن مثل هذه التغيرات تحدث ببطء شديد ، ربما بدرجة لا تسمح بأية ملاحظة مباشرة حتى فى حالة الكائنات التى تتناسل بسرعة . ولم يغب اطلاقا عن بال دارون امكان توارث مثل تلك الصفات المكتسبة . وقد خصص الفصل الأول من كتـــابه العظيم لمناقشة هذه المسألة ذاتها . ومع ذلك فقد رأى أن هناك سببا أقوى للتطور برجع الى ما يسمى بالانتخاب الطبيعى .

وتنقسم الحجج التى تدعم نظرية دارون العظيمة الى ثلاثة أقســـام . أولها أن للكائنات الحية جميعها قوى تزايد هائلة ، فقد ينتج نبات ألف بذرة فى العام ، وترينا حسبة بسيطة أنه لو وصلت كل تلك البذور الى دور النضوج واستمر انتاجها بنفس السرعة ، فان الأرض سرعان ماتزخر بها . وكذلك حتى فى حالة تناسل زوج واحد من حيوان بطىء النســل مثل الفيل ، فان هذا النسل ، كما أبان دارون ، قد يملأ الأرض بمرور الوقت . أما فى حالة الكائنات الحية التى تتكاثر بسرعة مثل البكتيريـــا وبعض صور الحياة الدنيئة الأخرى ، فان الأرض تمتلىء بها فى أسابيع قليلة اذا بقى كل فرد من ذريتها وتناسل .

ولكننا نعرف أن الضخامة التى تتجدد بها الحياة تقابلها ظروف مضادة تؤثر فى الكائنات الحية التى لم يتم نضوجها ، ولذلك فما يبقى منها فقط عنى قيد الحياة انما هو القليل جدا . فمن البيض الذى لاحصر له الذى تضعه سمكه سالمون واحدة فى موسم بيضها لا يلقح الا القليل فحسب ،

وكذلك فان الذى يصـل الى مرحلة البلوغ أقل من ذلك بكثير · كم من البذور التى تحملها الريح تثبت فى الأرض وتنمو ؟ كم من الكرون (١) يصير شجر بلوط ؟

وعلى ذلك فعلى الرغم من قوة التزايد الهائلة فى الطبيعة الحية ، فان أعداد النباتات والحيوانات يبقى ثابتا تقريبا من سنة لأخرى · واستنتج دارون أن هذا ناتج من المنافسة الحادة بين الكائنات الحية لنفس النوع ، بالاضافة الى عدم قدرة الكائنات غير الناضجة على العيش فى ظروف غير مناسبة · وعلى ذلك تحدث دارون عن تنازع البقاء الذى يوجد فى جميع أنحاء الطبيعة الحية · ولم يستعمل هذا التعبير فقط بمعناه الحرفى كما فى حالة حيوانين يتنازعان للحصول على الطعام أو حالة نباتات تنمو لصق بعضها البعض ، وتستلب الغذاء والضوء من بعضها . لقد استعمله أيضا بمعنى مجازى ليدل على التفاعل الذى يحدث بين كائن حى وأى من الظروف التى تعتمد حياته عليها · وعلى ذلك فانه صور ظروف النبات الذى ينمو بجوار الصحراء ، معتمدا بذلك فى ذات حياته على الرطوبة ، كنوع من التنازع ضد الأحوال المناخية ·

وفكرة تنازع البقاء هذه هى الحجة الثانية من حجج دارون الرئيسية ، وتؤدى بنا الى الحجة الثالثة المتعلقة بالتباينات داخل النوع · لقد رأى دارون أنه حينما تتميز الكائنات الحية بمثل هذا التنازع من أجل العيش ، فان أية تغييرات بسيطة فى التكوين أو الحالة المعيشية تكون ذات فائدة لأى كائن حى تهيىء له فرصة أحسن للبقاء ، على الرغم من خصـوبة تناسل هذه الكائنات الحية · اذن فاذا زاد عدد الحيوانات التى تبقى على قيد الحياة نتيجة لتميزها ببعض من هذه التغيرات الملائمة ، فمن الطبيعى أن يتزايد عدد تلك التى تندر من تلك الحيوانات التى لا تتميز بهـذه التغيرات · لذلك تأخذ الحيوانات التى تتميز بالتغيرات الملائمة تشـغل بالتدريج نسبة أكبر وأكبر من العدد الكلى لهذا النوع الخاص ·

ويقـول دارون :

وينتج عن ذلك أنه اذا تغير أى مخلوق ولو بدرجة بسيطة بأية كيفية مفيدة له تحت ظروف حياة معقدة متغيرة أحيانا ، يكون أمامه فرصـة أحسن للبقاء · ولذلك ينتخب انتخابا طبيعيا · ويميل أى صنف منتخب طبقا لقانون الوراثة الوطيدة الى الاكثار من نوعه المعدل ·

---

(١) الكرون كلمة معربة معناها ثمرة البلوط (المترجم)

ويتبين من هذه الكلمات أن ما يسميه الانتخاب الطبيعى ما هو فى الحقيقة الا الاحتفاظ بتغيرات ملائمة • وبقاء الأفراد التى تتميز بهـــذه التغيرات الخاصة معناه أنها تنتج على العموم عـــددا أكبر من الذرية ، يتميز بعضها بهذه التغيرات كذلك • وعلى ذلك يبقى النوع الخاص على قيد الحياة حتى بعد هلاك أفراد جنسه • ويضرب لنا أمثلة كثـــيرة لأثر الانتخاب الطبيعى ، نقتبس منها ما يلى : ـــ

« هيا بنا نأخذ حالة ذئب ينقض على حيوانات عدة ، يقتنص بعضها بالدهاء ، وبعضها بالقـــوة ، وبعضها بالسرعة ، ودعنا نفترض أن أسرع فريسة ـــ الغزال مثلا ـــ قد زادت من أعدادها نتيجة لأى تغير فى الاقليم ، أو أن الفرائس الأخرى قد نقصت أعدادها ، أثناء ذلك الفصل من السنة الذى يكون فيه فى مسيس الحاجة الى الطعام • ان فى استطاعتى فى مثل تلك الظروف أن أرى ألا داعى للشــك فى أن اسرع الذئاب وأرشـــقها ستتهيأله أحسن فرصة للبقاء • ولذلك يحتفظ به وينتخب » •

واذا كان لمثل هذا الانتخاب تأثير على الأجيال المستقبلة من الذئاب ، فعلينا أن نفترض انتقال صفات خاصة بطريقة ما الى الذرية • وكما يقول دارون : ـــ

« اذا استفاد أى ذئب من تغيير فطرى فى عادته أو تكوينه تهيأت له أحسن الفرص للبقاء وانسال ذرية • ومن المحتمل أن يرث بعض صغاره نفس العادات أو التكوين • وقد يتكون صنف جديد بتكرار هذه العملية، وهذا الصنف اما أن يحل محل نوع الذئب الأب ، أو يتعايش معه » •

وعلى ذلك فمن الملاحظ أن دارون تعرف على سببين من أســـباب التطور وهما (١) توارث الصفات المكتسبة بواسطة الجدود (٢) الانتخاب الطبيعى • وقد أكد دارون أهمية السبب الثانى من هذه الاسباب • وكان تفسيره لعملية النشوء ، والارتقاء بواسطة الانتخاب الطبيعى قمة انتصاره فيما قام به من أعمال • ولقد ذكرنا مجملا موجزا لنظريته ، وقد جعلت قلة الحيز من المستحيل تبيان مدى دراسته • ان على كل انسان أن يطلع نفسه على كتابه « أصل الأنواع » •

وانه ليكفينا فى هذا المجمل الموجز أن نعترف بعمل هذا الرجل العظيم الذى أوجد لأول مرة نظرية معقولة لتطور الأنواع • وأول الأفكار التى تربط نظرية دارون بعضها ببعض هى فكرة وحدة الحياة ، والروابط الخفية التى بين صور الحياة المختلفة وأثرها على بعضها البعض ، وما الانسان نفسه الا أحد بقية الخلق • وثانيا هناك فكرة استجابة الكائنات الحيـــة

للتغيرات الخارجية • وعلى هذا فان الاختلافات فى المناخ ، ونقص مواد الغذاء العادية ، والهجمات التى يشنها أعداء غير متوقعين، كل هذه تستدعى تنازعا • واذا لم ينتصر الكائن الحى فانه يخرج من سياق الحياة • وثالثا فكرة مدى التلاؤم الذى تبديه الكائنات الحية والطريقة التى يبدو أن تستفيد بها من الخبرة • وكذلك فهناك فكرة التطور التى ما زلنا نراها حولنا تأخذ مجراها حتى أن جهود واستجابات الكائنات الحية فى أيامنا هذه ، وما ينتج عن ذلك من تلاؤمها سيكون له تأثير على خلفائها فى العصـــور القادمة •

٤ ـ الوراثـــة

ترتبط فكرة التطوير ارتباطا وثيقا بفكرة الوراثة • وكان دارون أول من حاول معالجة هذه المشكلة علميا • ونحن نعلم جميعا أنالأطفال يشبهون آبائهم ، ونعرفعموما أن كلا يولد على شاكلته ويرجع الفضل فى أول دراسة عملية للوراثة الى أسقف غير نابه يدعى ج • ج • مندل (١٨٢٢ ـ ٨٤) كان يعيش فى المدينة المورافية القديمة برن التى تنتمى الآن الى تشيكوسلوفاكيا • ولم يحظ مؤلفه الذى طبعه سنة١٨٦٥ باهتمام العلماء فى العالم حتى بدأ القرن الحالى •

لقد احتفظ مندل بسجلات دقيقة للصفات المتوارثة لنباتات معينـــة وأوجد قوانين عددية محددة للوراثة • أنه اعتبر أن كل ميزة كالطـــول والقصر انما ترجع لعامل محدد • وحينما يحصل تهجين بين نباتين ينتج عنه أرومة جديدة فان من رأيه فى هذه الحالة أن الخلية الجديدة المنقسمة تنشأ عن نوع من اعادة امتزاج العوامل المشتقه من الخلايا الأب • ومن بين التجارب التى قام بها مندل فى حديقة ديره أبحاث فى تأثير تهجين أصناف مختلفة من البسلة العادية • لقد اختار نباتات تختلف فى احدى الميزات الواضحة كالطول • وبتهجين بسلة طويلة وبسلة قصيرة ، وجد أنالهجائن الناتجة طويلة كلها • ولكن حينما لقحت هذه الهجائن نفسها ظهرت بسلة قصيرة فى الجيل الثانى •

وتتضح هذه الحالة بشكل أبسط نوعا لو تدبرنا تهجين زهرة حمراء وزهرة بيضاء من نفس النوع ـ زهرة الأنترينهم مثلا . وبجعل مثل هذه الأزهار يلقح بعضها بعضا فان البذور الناتجة تنشأ عنها أزهار وردية اللون فحسب • وعلى ذلك فعلى الرغم من أن الصفات الحمراء والبيضاء تمتزج سويا فى الجيل الأول ، فان الصفات النقية للأجداد تعود الى الظهور فى الجيل الثانى •

وقد أدت مثل هذه التجارب بمندل الى قانون بسيط جدا يمكن ذكره فيما يلى :

اذا تزاوج فردان لهما زوج من الصفات المتضادة النقية ، فان الصفات الأصلية تنعزل فى الجيل الثانى • ووجد مندل بعد دراسة دقيقة لمثل هذه الأجيال الثانية فى عدد كبير جدا من الحالات أن الأفراد التى تولد منها النوع النقى احتفظت بنقاوتها فى التوالد • ومن جهة أخرى وجد أن الهجائن نشأ عنها بعض أفراد محتفظة بصفاتها النقية ، كما نشأت عنها هجائن أخرى • ولم يجد فى أية حالة من الحالات هجينا تناسل تناسلا نقيا •

وفسر مندل مثل هذه النتائج بافتراضه أن هناك وحدات معينة تتحكم فى الطول أو اللون أو أية ميزة بارزة أخرى يتضح أنها وراثية • وافترض أن هذه الوحدات التى نسميها الآن جينا تحتفظ باستقلالها الذاتى فى الهجائن ، حتى ولو أنه يبدو انه قد قضى عليها أو انها توارت على الأقل . وليس من السهل فى حالات كثيرة التمييز بين ما هو هجين وما هو فيه نقى النسب • وفى تلك الحالات يسمى الجين الخاص الذى يجعل الهجين يظهر كأنه نقى السلالة الجين السائد • اما الجين المطمور فيدعى بالجين المتنحى • ومع ذلك فان الجين المتنحى يحتفظ بشخصيته ويظهر نفسه فى جيل تال . فمثلا يوجد بين الكائنات البشرية نوع وراثى من الصمم يؤدى الى الحالة المحزنة المعروفة بحالة الصمم الأبكم • وقد يكون الجين المتحكم فى هذه الصفة جينا متنحيا ، وفى مثل هذه الحالة يبدو الشخص عاديا ، على الرغم من أنه قد يكون هجينا بالفعل . ولو أن ذكرا أو أنثى من هذا القبيل تزوج أو تزوجت من شخص عادى تماما فان كل أطفالهما يبدون عاديين • ان بعضهم سيكون هجينا حقا ، أما الآخرون فسيكون لديهم الجين المتنحى للصمم الأبكم مثل أحد والديهما • ولكن اذا تزوج اثنان لديهما هذا الجين المتنحى ، فستكون هناك فرصة فعلية لأن يصاب بعض ذريتهم بالصمم المصحوب بالبكم •

لقد ناقشنا حتى الآن تلك الحالات النادرة نوعا من تزاوج أفراد تختلف عن بعضها فى صفة موروثة فقط • ومع ذلك ففى جميع الحالات تقريبا نواجه بتزاوجات يختلف فيها الزوجان عن بعضهما البعض حيوانا كانا أم نباتا فى أكثر من ناحية واحدة • وقد أدى بحث مندل لمثل هذه التهجينات المعقدة الى القانون التالى : اذا تزاوج فردان لهما أكثر من زوج من الصفات المتضادة ، فان كل زوج من هذه الصفات يورث بعد الجيل الأول مستقلا عن غيره من بقية الصفات • وقد أيدت التجارب التى أجريت فى القرن الحالى قانونى مندل اللذين قامت عليهما البحوث الحديثة الكثيرة

فى الوراثة • وقد جمع البحث الحديث بين الفحص المجهرى للخلايا وبين الأبحاث التى تجرى فى الوراثة ، ووجد علماء الأحياء اليوم أن المعلومات المستقاة من عمليات الاخصـاب تؤيد من وجهة النظر الطبيعية المبـادىء الأساسية لقوانين مندل •

٥ ـ بعض نتائج نظريات دارون ومندل

بعد اعادة اكتشاف قوانين مندل عند بدء القرن الحالى بذلت محاولات كثيرة لتطبيق هذه المبادىء على المسائل العلمية فى تربية النبات والحيوان وعلى ذلك فقد تتصف سلالة معينة من حيوان أو نبـات بميزة حميدة واحدة تكون غير موجودة فى بعض السلالات الأخرى التى هى من نواح أخرى ذات نوع جيد • ولذلك يهجن المربى العملى مهتديا بمبادىء مندل سلالتين لاحداهما الصفة الخاصـة التى يريدها ، وهو يعلم أن نتـائج التزاوج الأول ستكون هجينا • ولكن بانتخاب أفراد من الجيل الثانى وما يليه ، يمكنه ايجاد سلالة تتصف بالصفة الخاصة لسلالة أصلية بالاضافة الى الصفات الحميدة للسلالة الأخرى الأولى • وقد طبقت مثل هذه الطرق بنجاح فى تربية أصناف خاصة من القمح والبطاطس وقصب السكر •

ان تربية النبات والحيوان جرت قرونا طبقا لطرق مبنية على التجربة والخبرة • وكان يزرع القمح والحبـوب الأخـرى من الأصناف البرية • وكانت تربى الماشية والأغنام طبقا لميزات كانت أكثر ما تكون ظهورا فى أجدادها البرية مثل الحجم ونوع الصوف • ولكن مندل هو أول من أبان كيف أنه بتركيز عنايتنا على زوج ذى صفات متضادة ، يمكننا الحصول على نتائج ممكن التنبؤ بها طبقا لقوانين عددية محددة • وطبقا لما قام به مندل نجد أنه قد أصبح من الثابت أن مثل تلك الصفات الموروثة ، الجينات توجد على الأجسام الخيطية المسماة بالصبغيات فى نواة الخلية • وعلاوة على ذلك لقد أبان علماء الأحياء أن الصبغيات تتميز عن بعضها البعض فى العدد والشكل . وتوجد الصبغيات فى خلايا الجسم العادى فى أزواج ، ولكن الجاميطات (الأمشاج) ـ أى تلك الخلايا التى لها دور فى التكاثر الجنسى ـ تحتوى فقط على صفة ممثلة لكل زوج من الصبغيات • وعلى ذلك فان كل جاميطة تحمل مجموعة كاملة من الجينـات تتمثل فيها كل الظواهر الوراثية للذرية • وعندما يتم الاخصاب فان اتحاد الأمشاج ينتج عنه عودة الازدواج الصبغى • وبهذه الطريقة فان الصفات المميزة للذرية تنتج عن اندماج جينات الآباء وجينات الأمهات مع بعضها البعض بنصيب متكافىء • وقد فتحت مثل هذه الاعتبارات مجالا بحث واسعة ، وأدت الى ادراك بعض من عمليات الوراثة الغامضة •

وعلى نقيض الانجازات العظيمة التى تمت على يدى مندل فان تلك الأعمال التى أثرت عن دارون لم تؤد الى تطبيقات مباشرة فى الحياة العملية ومع ذلك فان نظرية التطور أمدت البشر بقضية عامة يمكن مقارنة تأثيرها بالأثر الذى أحدثته نظرية الجاذبية التى كشف عنها نيوتن قبل ذلك بقرنين تقريبا . وكما توسع أتباع دارون فى تفاصيل نظريته ، فكذلك أضاف علماء الأحياء خلال الخمسين عاما التى تلت نشر كتاب أصل الأنواع الى مجموعة الأدلة التى جمعها دارون . وقد أبانت أبحاثهم الحديثة أن التغير الناشىء عن التطور قد حدث بسبب تغير الجينات وفى شكل الصبغيات . وبهذه الطريقة توصل رجال العلم الى وصف طريقة التطور التى صارت دراستها أساسا لكثير من الأبحاث الاحيائية اليوم .

ولكن اثر نظرية دارون قد امتد بعيدا فيما وراء صفوف المشتغلين بالعلم ، وأصبح يؤثر فى نظرة الرجال والنساء فى الحياة اليومية . وقد امتدت مفهومات التطور الى مجالات أخرى ، ولذلك فمن المعتاد اليوم دراسة اللغات ، والتشريعات الاجتماعية ، والعقائد الانسانية طبقا لنشأتها وتطورها . وعلى الرغم من أنه من الواجب علينا أن نكون على حذر ضد تطبيقات نتائج خاصة بمجال علمى فى مجال آخر ، الا أن فكرة النمو التطورى ثبت أنها ذات فائدة كبرى فى كثير من المشاكل الانسانية . فمثلا أصبح من الأمور المعترف بها أن التطور فى الحياة البشرية سواء كان جسميا أم عقليا ينشأ عن مجموعتين من العوامل هما :

١ ــ « الطبيعة » التى تورث مباشرة .

٢ ــ التغذى الذى تهيئه كل الظروف الخارجية التى تندرج تحت اسم « البيئة » .

وقد وجهت كل المحاولات التى بذلت حتى الآن لتحسين التطور البشرى صوب العامل الثانى من هاتين المجموعتين . وقد أدرج التعليم وكذلك الأحوال التى تساعد على الصحة الجسدية ضمن التغذى .

والآن حينما نأخذ فى اعتبارنا الجنس لا الفرد فاننا بذلك نعلم أن الثقافة البشرية شىء متطور . وزيادة على ذلك فكما أن التطور بين النباتات والحيوانات عملية ما زالت مستمرة ، فكذلك الحال مع الثقافة البشرية . وان للانسان فى هذا دورا عليه أن يلعبه . انه ليس كائنا حيا معقدا فحسب ، ولكنه روح حية أيضا . ولذلك ففى استطاعته أن يكون له دور فى التطور البشرى بأن يسير قدما بثقافة جنسية ، واضافته شيئا الى كنوزها جيلا بعد جيل .

وترينا نظرية التطور صورة للاشياء الحية التى وصلت خلال أحقاب مديدة من الزمن الى حياة أكثر امتلاء وأكثر رخاء . وعلى ذلك فانهـــا تبعث الأمل فى نفوس البشر . ومن ناحية أخرى فان دراســة نظـرية التطور تكشف لنا عن أمثلة كثيرة للأنواع التى انقرضت ، ولأنواع أخرى فى سبيل الانقراض . وتحمل مثل هذه الاعتبارات فى طياتها تحذيرا للجنس البشرى ، اذ على الرغم من أن الانسان هو أعظم الكائنات الحية مقدرة على التلاؤم ، الا انه يشترك مع جميع الكائنات غيره فى قدرته على الانحلال ، وقدرته على التقدم سواء بسواء . والمسئولية فى ذلك تقع عليه .

الفصل الثالث عشر

الخطوات التى أدّت إلى العصر العلمى الحديث

١ ـ مطلع القرن التاسع عشر

ان الانجازات العظيمةالتى تمت فى كل من العلوم البحتة والتكنولوجيا خلال القرن التاسع عشر كانت هائلة جدا بدرجة أنه قد بدا أن أى تقدم آخر سيكون فى التوسع فى النتائج المعروفة أكثر منه فى كشوف جديدة . وقد ضمت المعلومات التى تدفقت من ميادين مختلفة بعضها الى بعض لتخرج لنا قانون الطاقة ، كما أبانت قوانين الديناميكا الحرارية الطريق لاستخدام الموارد العالمية • ووصفت نظرية التطور الأشياء الحية التى تتلاءم باستمرار مع الظروف الجديدة . ومما لاريب فيه أنه بالنسبة لأولئك الذين يرفلون فى النعم المادية لعصر يسود الرخاء فيه اتجهت الأفكار الى ذلك الانسان الذى لكونه آخر حلقة فى سلسلة التطور قد بلغ أوج قواه .

ولكن الحوادث سرعان مازحزحت الناس عن غبطتهم . ففى عام ١٨٩٥ اكتشف رونتجون الأشعة السينية . وأعلن فى فرنسا بعد ذلك بأعوام طويلة عن اشعاعات جديدة كل الجدة من اليورانيوم ومركباته عبر عنها فيما بعد بالنشاط الاشعاعى وتوصل علماء الفيزياء فى انجلترا فى نفس الوقت الى النتيجة المدهشة التى تتلخص فى أن الذرة التى كان يظن حتى ذلك الوقت انها جسيم من المادة يكون وحدة غير قابلة للانقسام تتكون من جسيمات أصغر منها بكثير . ان هذه الكشوف لم تثر اهتمام العلماء فى العالم فحسب بل انها أيضا تطلبت اعادة تنسيق للأفكار أدى الى عصر جديد من التجربة .

٢ ـ اكتشاف الالكترون

من بين الأبحاث التى قام بها امير القائمين بالتجارب ميخائيل فاراداى سلسلة من القياسات الكمية لمرور تيار من الكهرباء فى مواد سائلة . انه

استعمل محاليل أملاح معدنية ، ووزن المواد الناتجة المترسبة على الاقطاب الكهربية . ونتيجة لذلك صاغ القانونين الآتيين :

١ ــ تتناسب كتلة المادة المتخلفة عن التحليل تناسبا طرديا مع كمية الكهرباء المارة في السائل .

٢ ــ حينما يمر نفس التيار في محاليل مختلفة لمدد متساوية فان كتل المواد المتخلفة عن التحليل تتناسب تناسبا طرديا مع مكافئاتها الكيماوية .

وهاتان الحقيقتان العامتان المعروفتان الآن بقوانين فاراداى للتحليل الكهربى تؤديان الى النتيجة التى تتلخص فى أن هناك كميــــة ثابتة من الكهرباء مرتبطة بالذرة الكيماوية . وقد أدرك فاراداى نفسه هذا عــلى الرغم من أنه تردد فى اســتعمال لفظ الذرة لهذه الوحــدة الطبيعية من الكهرباء .

وقد أدت الأبحاث الخاصة بمرور الكهرباء الى غازات بدلا من سوائل الى أدلة مقنعة على وجود وحدة كهربية مغايرة . وكان معروفا من زمن طويل انه بينما يكون الغــاز فى الضغوط العــادية عازلا ، فان الغاز فى الضغوط المنخفضة يسمح بمرور تفريغ كهربى خلاله . وبعد اختــراع الملف التأثيرى أصبح من الممكن استعمال قوى دفع كهربية أكبر بكثير للتفريغ ، ومكن التقدم الذى تم عمله فى صناعة المفرغات الهوائية القائمين بالتجارب من الحصول على ضغوط مخفضة بدرجة كبيرة . ولوحظ فى هذه الظروف الأكثر تلازما انه حينما يمر تفريغ خلال انبوبة مفرغة من الهواء تقريبا تنبعث أشعة من القطب السالب ، أو المهبط .

وهذه الأشعة التى أصبحت تعرف باسم اشعة المهبط جعلت غــاز الأنبوبة يتوهج بأشــــعة فلورنس كما سميت . وعلاوة على ذلك فحينما يعترض جسم صغير ــ مسار هذه الأشعة فانه يلقى ظلا على النهــــاية القصوى للانبوبة يشبه الظل الذى قد يلقى بواسطة شمعة أو أى مصدر آخر من مصادر الضوء . وقد أبانت مثل هذه النتائج أن أشعة المهبط مهما كان من كنهها تنبعث فى خطوط مســتقيمة . وظن بعض الباحثين انها تكون نوعا من الضوء ، بينما اعتبرها الآخرون كسيل من الجسيمات المنطلقة فى خطوط مستقيمة .

ولم يكن من الصعوبة وضع هــذه الفروض موضع الاختبار بمجرد ابتكار طرق لقياس السرعة التى تنطلق بها أشعة المهبط . وكانت النتيجة أن وجدت سرعتها أقل بكثير من سرعة الضوء . ومما يثير الدهشة بدرجة كبيرة أنه قد لوحظ أن أشعة المهبط يمكن انحرافها عن مسارها بواسطة مجال مغنطيسى فاصل وانه عند احتجازها فى اسطوانة معدنية فان هذه

الاسطوانة تكون ذات شحنة سالبة • وقد أدت مثل هذه النتائج الى النتيجة التى تتلخص فى أن الأشعة تتكون من سيل من الجسيمات المكهربة •

واستمدت أدلة أخرى من المقاييس العددية المضبوطة ، وعلى الأخص تلك التى ابتكرها السير جوزيف جون طومسون (١٨٥٦ — ١٩٤٠) . وحينما أجرى تجارب مستعملا فراغات كبيرة فى أنابيب التفريغ ، وموازنا انحراف أشعة المهبط الناتجة عن مجال مغنطيس بذلك الانحراف الناتج عن مجال كهروستاتيكى ، حصل على تقدير لنسبة شحنة دقيقة من دقائق أشعة المهبط الى كتلتها ، وكذلك الى تقرير آخر للسرعة .

وفى سلسلة من التجارب ثبت أنها ذات أهمية جوهرية أجرى ج•ج طومسون تجارب دقيقة منوعا الغازات فى أنابيب التفريغ ، مستخدما أقطابا كهربية من معادن مختلفة ، ومستعملا قوى دفع كهربية مختلفة • ولكنه وجد أن سرعة أشعة المهبط واحدة فى كل حالة وأن نسبة الشحنة للكتلة ثابتة وقد دلت أبحاث أخرى على أن الشحنة التى تحملها أشعة المهبط تتساوى فى مقدارها مع الشحنة التى تحملها الذرة المشحونة ، أو الأيون ، فى التحليل الكهربى . وقد بدأ فى الحقيقة أن شحنة جسيم المهبط هى ثابت طبيعى حقيقى بدرجة أن أعتبر وحدة أساسية اطلق عليه لفظ الأكترون .

وقد أعلنت النتائج التى وصل اليها ج. ج. طومسون لرجال العلم فى العالم عند اجتماع الرابطة البريطانية عام ١٨٩٩ . ومنذ ذلك الوقت كشف رجال الفيزياء عن الاكترونات فى كل مكان . ولا تنبعث من المواد المشعة سيول من الاكترونات فحسب كما سنرى ، ولكن هذه الاكترونات تنطلق أيضا بتأثير الضوء وعلاوة على ذلك تنبعث سيول من الالكترونات من المعدن الساخن وقد أدت هذه الحقيقة الى اختراع الصمام الثرميونى المستعمل فى أجهزة الاستقبال اللاسلكى .

وتحتوى البصلة الصغيرة التى يتكون منها الصمام المألوف فتيلة من سلك بتوهج تنبعث الالكترونات منه . انها تمر فى ثقوب شبكة معدنية الى الطرف الآخر من البصلة وتتصل الشبكة بالسلك الهوائى الذى يتلقى الموجات الكهرومغنطيسية وبذلك تكتسب تيارا مترددا ضعيفا وحينما تكون الشبكة ذات شحنة موجهة فانها تجذب الالكترونات ذات الشحنة السالبة الصادرة من الفتيلة وتزيد من سرعة حركتها • وحينما تكون الشبكة ذات شحنة سالبة فانها تبعد الالكترونات القادمة من الفتيلة • ونتيجة لذلك فان التيار الصغير المتردد فى الشبكة يتخذ اتجاها واحدا ، وتزداد قوته فى نفس الوقت .وما الصمام الثرميونى الا احدى التطبيقات

العديدة للسيل الالكترونى فى حياتنا اليومية ، تلك التطبيقات التى سنناقش بعضامنها فى الفصل القادم .

٣ ـ الأشعة السينية

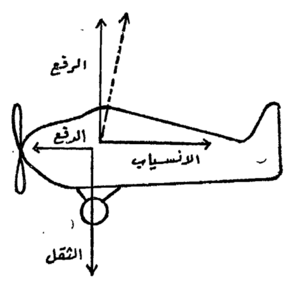
أثناء خريف عام ١٨٩٥ كان عالم فيزياء من ورتسبرج يدعى ويلهيلم كونراد رونتجن (١٨٤٥ ـ ١٩٢٣) يقوم باجراء تجارب مستخدما فيها الأشعة المهبطية . كان لديه ملف تأثيرى عامل متصلا بأنبوبة تفريغ مغطاه بورق أسود . كان ذلك مساء فى وقت متأخر ، وكانت الحجرة مضاءة بنور خافت حينما لاحظ رونتجن افجأة ضوءا لامعا مائلا للاخضرار آت من قطعة من الورق المقوى كان قد استعملها فى تجربة أخرى . كانت قطعة الورق المقوى قد طليت بمادة كيماوية تتوهج عند سقوط الضوء عليها . ولكن لم يكن هناك فعلا نور فى الحجرة . اذن من أين أتى هذا النور الفلورسينت ؟لقد تحسس رونتجن طريقه الى الملف التأثيرى وقطع الاتصال بينه وبين أنبوبة التفريغ ، فتوقف الوهج الأخضر فورا ، وعاد الى الظهور ثانية فحسب حينما أوصل الملف التأثيرى العامل بأنبوبة التفريغ . وادت أبحاث أخرى دقيقة الى اقناع رونتجن أن الفلوريسنت ناتج عن شىء صادر من أنبوبة التفريغ ، لا من شىء آخر . ويبدو أنه فى الحقيقة قد اكتشف بعض اشعاعات أطلق عليها أشعة اكس .

وقد وجد رونتجن أن هذه الأشعة لم تنفذ فحسب خلال الورق الأسود الملتف حول أنبوبة التفريغ ، بل وجد أيضا أن فى استطاعتها اختراق حزمة من ورق اللعب ، وحتى اختراق يده ومع ذلك فحينما وضع يده بين أنبوبة التفريغ وشاشة الورق المقوى المتوهجة بنور الفلوريسنت شاهد أنه على الرغم من مرور الأشعة خلال اللحم ، فانها ألقت ظلا للعظام . لقد وجد فى هذا نتيجة مذهلة . وسرعان ما أثار هذا النبأ اهتمام العالم كله . وتحقق فى الحال استخدامه فى مقتضيات الجراحة ، وسرعان ما أخذ رجال الطب يطلبون العون من العالم الفيزيائى بأشعته السينية للكشف عن العظام المكسورة . ولقد لاقت مثل هذه الطرق نجاحا لدرجة أن أصبح من النادر الآن أن تجد عضوا مشوها ناتجا عن كسر . وانه لمن العسير حقا تقدير ما نجم عن استعمال الأشعة السينية من تخفيف للويلات البشرية .

وتستعمل الأشعة السينية كما هو معروف تماما الآن فى تشخيص أمراض معينة ، السل على الأخص ، وكاجراء وقائى تؤخذ وحدات يمكن نقلها من أشعة اكس الى المصانع والمعسكرات والمدارس حيث تؤخذ صورة صغيرة جدا لكل شخص على فيلم . وعلى ذلك يمكن أخذ مئات من الصور

الفوتوغرافية على فيلم واحد ، ويمكن تكبير هذه الصور كما هو الحال مع فيلم السينما . ويمكن بهذه الطريقة الكشف عن أى أعراض مبكرة من أعراض السل .

وتستعمل الأشعة السينية أيضا فى الصناعة • فمثلا قد يوجد عيب فى مسبوك معدنى مثل شرخ بسيط أو ثقب صغير . ان هذا العيب لا يمكن مشاهدته ان كان فى داخل المعدن تماما . ولكن حينما تستعمل الأشعة السينية لفحص مثل هذا المعدن المسبوك ، فان العيب يظل كرقعة لامعة على شاشة الفلوريسنت ، وذلك لأن هناك جزءا مفقودا من المعدن . وتخترق الأشعة السينية الفجوة بسهولة • وكذلك فان الأشعة السينية تهرع الى معونة مؤرخى الفن • وتستعمل فى فحص الصبغة السميكة المتجمدة على الصور الزيتية القديمة (لوحة ٢٧) . وبهذه الطريقة يتمكن الخبير أحيانا من الكشف عن عمل فنان قديم عبثت به فيما بعد يد زيفته واخفت معالمه .



(شكل ٣٩)
القوى العاملة فى الطائرة

ان قوة دفع المحرك التى تتسبب فيها آلة الطائرةعن طريق حركة الأجنحة الأمامية تحدث قوة رفع الى اعلى بميل بسيط ، وتحدث محصلةقوتها الراسية الصعود الى اعلى ، وبذلك تتغلب على ثقل الطائرة ، بينما تحدث محصلةالقوى الأفقية حركة خلفية تقاوم بالاضافة الى ما يسمى بحركة الانسياب الخلفية الطليقة قوة دفع المحرك . ان القوتين المتضادتين ليستا على خط مستقيم واحد • ولكن كل إثنتين منهما تكونان عزما مزدوجا ولذلك يجب تصميم الطائرة بحيث يقاوم العزمان بعضهما بعضا •

ولكن بصرف النظر عن الاستعمال اليومى لقوة اختراق الأشعة السينية ، فان اكتشافها زود رجل العلم بوسيلة جديدة كل الجدة للبحث

العلمى . واكتشف علماء الفيزياء أثناء الجهود التى بذلوها للكشف عن سر هذه الأشعة الغامضة انه من الممكن انحرافها بواسطة صفوف الجزئيات المنتظمة الدقيقة لقطعة من البلور . وهى تشبه الضوء العادى فى هذا . وقد ثبت بمثل تلك الوسائل أن أشعة اكس ليست فى الحقيقة ضوءا فحسب ، بل لقد تقرر طول الموجة أيضا ، وفتح الطريق لفحص تركيب الجزئيات ذاته ، وكذلك لمشاهدة ما لم يستطع المجهر العادى أن يبينه .

ومكنت الأشعة السينية علمـــاء الفيزياء أيضا من أن يزيدوا من اكتشافاتهم عن الالكترون . وعلى ذلك فعقب اكتشاف رونتجن بقليل أعلن ج . ج . طومسون أن للأشعة السينية قوة جعل الغاز موصلا ، اى أنها تؤين الغاز . وعلاوة على ذلك وجد أن الايونات السالبة تعمـل فى الغاز الذى يتعرض لأشعة أكس كنويات لتكوين قطرات الماء . وكانت احدى التجارب التى أجراها ج . ج . طومسون تتلخص فى تعريض هواء خال من الغبار مشبع ببخار ماء بدرجة زائدة الى التأثير التأينى للأشـــعة السينية . وعند جعل هذا الهواء يتمدد فجأة ، قلت درجـــة حرارته وتكونت سحابة من قطرات الماء . وكان من الممكن تقدير حجم هذه القطرات من سرعة سقوطها . وقد حصل طبعا على الحجم الكلى للماء المتكاثف بسهولة حينما سقط ماء السحابة بأكمله الى قاع الاناء . وعلى ذلك فقد أمكن معرفة عدد الأيونات أو النويات بالحساب البسيط . وأمكن تقدير الشحنة الكلية بقياس مستقل للتيار الذى تحمله الايونات وبقسمة هذه النتيجة على عدد الايونات ينتج مقدار الشحنة الفردية(١) .

وقد أبدت مثل هذه التقديرات بالاضافة الى تقديرات نسبة شحنة جسيم أشعة المهبط الى كتلته الرأى القـائل بأن الشحنة التى يحملهـا الالكترون ثابتة ، وأن الكتلة تبلغ من الصغر حدا بدرجة أننـا يجب أن نعتبرها جزءا صغيرا من الذرة . وكانت هذه نتيجة بلبلة الأفكار ، اذ أن الذرات قد ظلت زمنا طويلا تعتبر غير قابلة للانقسام . ولكن كانت هناك فى جعبة الايام أشياء كثيرة أخرى مثيرة للدهشة .

٤ ــ النشاط الاشعاعى

بعد قليل من ملاحظة رونتجن للأشعة السينية لأول مرة ، وجـد الباحثون فى فرنسا ــ وعلى الأخص مسيو ومـــدام كورى ــ أن بعض المعادن ينبعث منها اشعاع غريب . وأدى هذا بواسطة تحليلات كيماوية

---

(١) وصفنا هذه التجربة بقليل من التفصيل حيث انها مثل من أمثلة استعمال الغرفة السحابية ، التى كثيرا ما تستعمل فى البحث الفيزيائى الحديث .

شاقة الى عزل الراديوم ، والبلونيوم . وجرت أبحاث على هـذه المواد المسماة بالمواد المشعة فى انجلترا وفى القارة ووجد أنها تتكون من ثلاثة أنواع سميت تيسيرا بالفا ، وبيتا ، وجاما . وتتميز أشعة بيتا بأنهـا الـكترونات ذات سرعة كبيرة . أما اشعة جاما فقد اكتشف انها ذات قوة اختراقية عالية وانها تشبه الأشعة السينية ، أما اشعة الفا فوجد أنها عبارة عن ذرات ذات شحنة ايجابية من الهليوم . وكان معروفا أن عنصر الهليوم موجود فى الشمس ومنها اشتق اسمه ، وعزل مع غازات خامدة أخرى فى جو الأرض ولـكنه وجد الآن انه ينبعث باستمرار من كل من الراديوم ، والبلونيوم . أو بمعنى آخـر ، فهنـاك عنصر ينتج باستمرار عنصر آخر .

ومثل هذه التحولات الطبيعيـة من عنصر الى آخر أثارت اهتمـام العلماء فى العالم . وبعد أبحاث مضنية وابتكار طرق جديدة للتجريب نجح علماء الطبيعة فى القيام باحداث تحولات صناعية فى المعمل . وعلى ذلك ففى عـام ١٩١٩ لاحظ اللورد رذرفورد (١٨٧١ ــ ١٩٣٧) أنه حينما نقوم بامرار جسيمات من جسيمات ألفا من مواد مشـعة فى نيتروجين ، فانه ينتج عن ذلك تكون جسيمات مشحونة شحنة كهربية مخالفة . وقد وجد أن هـذه تكون مشحونة بشحنة كهربيـة موجبـة ، وأنها تكون جزءا من الذرة . وقد عرف فيما بعد أنها الجزء الداخلى لذرة الايدروجين ، أو النواة .

وكان لدى رجال العلم قبل هذا الوقت أدلة وافرة تجعلهم يفـكرون أن الذرة فى تكوينها تشبه مجموعة شمسية مصغرة بها الكترونات سالبة تدور حول نواة ذات شحنة موجبة تقع فى مركزها وتتكون منها الـكتلة الرئيسية للذرة . وبما أن أنواع الايدروجين التى تحمل شحنة كهربية، أو البروتون كما اطلق عليها فيما بعـد كان من الممـكن الحصول عليها عندما تتحلل الذرات ، كان من المعقول الافتـراض ان البروتونات هى التى وجدت أول الأمر ، وان الالكترونات والبروتينات هى فى الحقيقة الوحدات الأساسية التى بنيت منها الذرة .

وقد أيدت هذه النتيجة باكتشاف النظائر ــ أى ذرات بخصائص كيماوية واحدة ، ولـكن ذات وزن ذرى مختلف . وكان مفروضا منـذ أكثر من مائة عام قبـل هذا أن كل الذرات مكونة من الايدروجين أخف المواد المعروفة . ولـكن الذى دحض هذا الرأى هو ان كثيرا من العناصر لم تكن أوزانها الذرية أعدادا صحيحة وكانت هـذه احدى النتائج التى أيدت الاعتقاد الذى يتلخص فى أن كل العناصر مكونة من نفس المـادة

الأولية . وقد ثبت أن عزل النظـائر كان من اعظم اكتشـافات العلم الحديث . وسنعود الى هذا الموضوع مرة ثانية عند مناقشة الطـاقة الذرية .

ولقد تحدثنا حتى الآن عن الالكترونات بصفتها الجسيمات الأوليـة للمادة ، واعتبرت هذه الجسيمات بعض سنين أنها الوحدات النهـائية للذرة . ولـكن عثر عام ١٩٣٢ على جسيم آخر الا وهو نواة ايدروجينية عديمة الشحنة أطلق عليها لفظ نيوترون . ولـكن النيوترون لا يحمـل شحنة فلا يحدث تنافر بينه وبين النويات المشحونة للذرة . ولهذا فقد هيأت النيوترونات السريعة الوسيلة لنتائج التحويل الذرى الكثيرة فى السنين الحديثة . ووجد علماء الفيزياء العاملين فى انجلترا وفى أمريكا بعد التعرف على النيوترون بوقت قليل انه من الممـكن وجود وحـدة كهربية موجبـة ، البوزيترون لفترة قصيرة ، والبوزيتـرون نوع من الالكترونات الموجبة من الصعب جدا الـكشف عنه .

وتتماسك البروتونات المشحونة والنيوترونات عديمة الشحنة سويا فى نواة الذرة بقوى هائلة تزيد كثيرا جدا عن قوى الجـذب الـكهربية والمغنطيسية العادية . ومن المفروض لتعليل وجود هذه القوى ان يوجد جسيم آخر اخف من البروتون أو النيترون ، ولـكن اثقل من الالكترون وهذا الجسيم البين يعرف باسم الميسون . وقد ثبت وجود أربعة أنواع من الميسون من الفحص التجريبى لتلك الاشعاعات الغامضة الصادرة من الفضاء الخالجى المعروفة بالأشعة الكونية وتتكون الميسونات باستمرار ثم تتغير وذلك على خلاف البروتونات والنيوترونات ، والالكترونات . ومع ذلك تطبيقا لـما لدينا من معلومات حالية ، فان الجسيمات النهائية الثابتة هى البروتونات والبوزوترونات والالكترونات ، وهى الوحدات النهائية التى يتكون منها العالم المـادى .

٥ ـ الضوء والاشعاع

لقد تركت نواحى التقدم العظيمة فى دراسة الضوء التى تمت اثناء القرن السابع عشر عديدا من المشاكل دون حل . ومع ان الناس قـد عرفوا أن النور يسافر بسرعة ثابتة ، الا انهم لم يسـتطيعوا تفسـير ظواهر كالانحراف والاستقطاب . وعلاوة على ذلك لم يتيسر فى ذلك الوقت وجود أدلة كافية لتقرير هل يعتبر الضوء سيـلا من الجسيمات الصغيرة او مجموعة من الموجات .

ومع ذلك ففى السنين الأولى للقرن التاسع عشر ابانت الاكتشافات التى تمت فى علم البصريات بدرجة لاريب فيها أنه مهما كان الضوء فان

له خواص التموج(١) أى انه يتكون من تموجات تلى بعضها بعضـا فى فترات منتظمة . وقد أمكن تفسير ظواهر الانحراف والاستقطاب ، وكثير من الصعاب التى ظلت دون حل منذ أيام نيوتن وهيوجينز على اساس النظرية الموجية التى صورت فيها الموجات كأنها ناتجة عن حركة علوية سفليـة فى زوايا قائمة ، أى مستعرضـة على الاتجاه الذى تسير فيـه الموجة .

ومع ذلك بقيت صعوبة واحدة. لقد وجد ان موجات البحر والصوت المـألوفة كانت تنتشر بواسطة تحركات شيء مادى ولـكن موجات الضوء كان فى استطاعتها أن تمر خلال ارجاء لا أشياء مادية بها على الاطلاق . ونتيجة لذلك شعر رجال العلم بالحاجة الى افتراض وجود أثير نافذ خلال الكون بأسره وتستخدم تحركات هذا الأثير فى نشر موجات الضوء ، بالضبط كما تستخدم تحركات الماء فى احداث موجات البحر المألوفة .

وقد أصبح الأثير باثبات مبدأ الطاقة يعتبر الوسـيلة التى تختزن بها الطاقة وتنقل. وكان من المعروف مثلا أن الاشعاع الصادر من الشمس يأخذ ثمانى دقائق ليصل الى الأرض وحينما يصل مثل هذا الاشـعاع الى الأرض يثير تحركات الجزئيات التى نعرفها باسم الحرارة . ولذلك كان الاعتقاد أن الطاقة المكافئة لهذه الحرارة تنقل بواسطة الأثير ، وكمثل قارب فى بركة سـاكنة يتحرك بواسـطة اضطراب يحدث فى النهايـة القصوى للبركة ، وتنقل أمواج الماء الطاقة اليه .

وقضى رجال العلم فى القرن التاسع عشر وقتا طويلا يبحثون عن الخواص الآلية التى قد تكون للأثير حتى يتمكن من نقل الموجات . وفى العقود الأخيرة للقرن التاسع عشر فكروا فى الأثير على أنه وسيلة لا لنقل التحركات الآلية فحسب ، بل لنقل التغيرات الكهرومغنطيسية التى تتبع بعضها بعضا فى فترات منتظمة .

ولـكن على الرغم من أن الأفكار عن الأثير حدث فيها تغيرات كثيرة الا أن رجال العلم مازالوا يفكرون فى الطاقة كشيء منبعث باستمرار . ومع ذلك فعند تحول القرن كشفت الأبحاث النظرية والتجريبية أن الطاقة شيء ينطلق فى دفعات وكان هذا الاستنتاج المدهش نتيجة أبحاث فى

---

(١) طول الموجة هى المسافة بين نقطتين متتابعتين يحدث فيهما نفس النوع من التموج ، وهى بذلك تناظر المسافة بين رأسى موجتين فى البحر . والذبذبة هى عدد الأمواج التى تلى بعضها بعضا فى نقطة واحده كل ثانية . وعلى ذلك فان طول الموجة الطويلة يناظر ذبذبة بطيئة ، ويناظر طول الموجة القصيرة ذبذبة عاليه .

الاشعاع المنبعث من جسم متوهج . لقد وجد ان كل دفعة اشعاعية تناظر كمية ثابتة من الطاقة . وفى كل نوع من أنواع الاشعاع ينتج نفس العدد اذا ضربنا كمية الطاقة فى الوقت الذى بين الدفعات بعضها وبعض . ويبدو أن هذا هو أحد ثوابت الطبيعة .

وتنتمى مثل هذه الاعتبارات لما يسمى بنظرية الكم . ومن أهم الأمور التى تثير الاهتمام فى هذه النظرية هى انها قد أحدثت توفيقا بين النظريات المتنافسة للقرن السابع عشر ، وهى النظرية الموجية والنظرية الجسمية للضوء . وقد أبانت دراسة اشعاعات خاصة أن طول كل موجة يصحبه قدر ثابت من الطاقة يتوقف على الذبذبة فحسب . وكلما عظمت الذبذبة كلما عظمت هذه الطاقة . وغالبا مايشار الى دفعة الطاقة باسم فوتون ، أو كم الطاقة . وتنبعث الطاقة بكميات متساوية بهذه الدفعات المتتالية ، ولذلك فان لتلك الطاقة بعض صفـات الجسيمات الصغيرة المنفصلة . وعلى ذلك فان النظرية الحديثة تعيدنا الى النظرية القديمة .

وكذلك فان ظاهرة الانحراف التى تحدث كنتيجة طبيعية حينما نعتبر الضوء مكونا من موجات مستعرضة اتضح حديثا أنها لا تظهر فى حالة الضـوء فقط ، ولـكنها تظهر أيضـا فى حالة وجود سـيل من الالكترونات. ونتيجة لذلك لا بد أن نستنتج أن لسيل الالكترونات بعض صفات الموجات ، بالضبط كما يجب أن نفترض أن للضوء بعضا من صفات الجسيمات المنفصلة . ولكن الذى يكون ما نسميه بذرات المادة انما هو مجموعة من الالكترونات والبروتونات . وعلى ذلك ففى هذا الامتزاج الاجمالى للفيزياء الحديثة نجد أن للمادة أيضا بعض خواص الموجات . وتتطلب معالجة المشكلات التى تثيرها مثل هذه المفاهيم ميكانيكا خاصة يتم انجاز طرقها الآن .

ويبدو أن مناقشتنا قد أبعدتنا الآن كثيرا عن شئون حياتنا اليومية . ولكننا رأينا كم من النتائج التى توصل اليها العلم الحديث قد طبقت فى الحياة العملية . اننا سنؤكد مثلا آخر فحسب . هيا بنا نرجع لحظـة الى نظرية الكهرومغنطيسية . لقد كشف ماكسويل ان التغيرات فى القوة الكهربية التى تحدث بدورها تغيرات فى القوة المغنطيسية تتبع بعضها بعضا فى فترات منتظمة ، أى أن لها صفة التموج . وأدى به هذا الى أن يفترض أن الضوء نفسه كهرومغنطيسى فى صفته . وينتج عن هذا أن فى امكاننا الحصول على تأثيرات كهربية أو مغنطيسية من الضوء .

ولقد لاحظ فاراداى نفسـه أن الضـوء المستقطب يتأثر بالمجـال المغنطيسى ، ولكنه لم يستطع تعليل هذه النتيجة الغريبة . وقد وضعت خلال السنين الحديثة احدى الصلات الموجودة بين الكهرباء والضـوء

المعروفة بالتأثير الضوئى الكهربى موضع التطبيق العلمى . فحينما يسقط ضوء ذو طول موجى قصير على سطح معدنى مصقول نظيف ، فان اللوح تنبعث منه الكترونات . ويتوقف عدد الالكترونات على شدة الضوء ولذلك فان الاهتزازات فى الضوء تحدث سيالا الكترونيا بقوة متغيرة . ولو أن سلكا هيىء لتوصيل الكترونات هذه لأمكن الكشف عن وجود هذه الالكترونات كتيار ذى شدة متغيرة . ومن الممكن جعل مثل هذه التيارات تحدث صوتا كما فى التليفون العادى . وتنشأ فى الفيلم الناطق العادى اهتزازات هوائية تتسبب عنها تحركات طفيفة فى لوح رقيق . ويوضع مصدر الضوء فى وضع مناسب تنشأ عن تحركات هذا اللوح تذبذبات ضوئية . وتكتسب هذه صفة الثبات بواسطة الطبع الفوتوغرافى على فيلم فى نفس الوقت الذى تسجل فيه حركات الممثلين فوتوغرافيا . وعندئذ يمكن استعادة الصوت بواسطة اضاءة الفيلم ، وذلك لأنه بواسطة التأثير الضوئى الكهربى تحدث الاهتزازات فى الضوء تيارات تذبذبية . وتتحول هذه كما يحدث فى الواقع الى صوت بواسطة جهاز الميكروفون المألوف .

٦ – وجهة نظر جديدة فى العلم

ان العلم لا يتقدم فحسب بكشف حقائق جديدة . بل أيضا بالحافز الذى توجده طرق جديدة . ولقد رأينا كيف أن نظام كوبر نيكس ونظرية نيوتن فى الجاذبية ، والنظرية الذرية لدالتون . ونظرية الانتخاب الطبيعى لدارون كلها أمدت الناس بوجهة نظر جديدة وبذلك أوحت اليهم بتقدم جديد . وعلاوة على ذلك فان كل فكرة عامة عظيمة جديدة تضمنت اغفال النظريات التى قد استنفدت أغراضها ، فلقد رأينا مثلا كيف أن نبذ النظرية السعرية للحرارة ترك الباب مفتوحا للمفهوم الذى يتلخص فى أن الحرارة نوع من أنواع الطاقة .

ولقد تكشف فى العقود الأخيرة للقرن التاسع عشر بعض الحقائق التى لم يكن فى الاستطاعة التوفيق بينها وبين النظريات الموجودة . ونتيجة لذلك كان على رجال العلم مراجعة أفكارهم ، ومراجعة تلك المفهومات الأساسية التى تتضمن القياس العلمى كله . ولقد ادت النتائج الى نظرية النسبية .

هيا بنا نتدبر قياسا بسيطا كقياس السرعة ، فبقياس المسافة التى يقطعها قطار فى مدة معينة يمكننا تقدير متوسط سرعته فى ذلك الوقت . فلنفرض أن النتيجة التى حصلنا عليها هى خمسون ميلا فى الساعة . ولكن هذه السرعة هى فقط السرعة بالنسبة لسرعة الأرض ، التى تقوم

برحلتها السنوية حول الشمس بسرعة ١٩ ميلا فى الثانية تقريبا . وقد بين نيوتن نفسه أن قياسات السرعة التى نقوم بها ليست مطلقة ، ولكنها نسبية فقط . وضرب لذلك مثلا بسفينة فى بحر ، وبين أنه على الرغم من أننا لا نعرف الحركة المطلقة للاجسام التى على ظهر السفينة ففى استطاعتنا دراسة حركاتها النسبية على سفينة متحركة ، كما نقيسها على البر سواء بسواء . وعلى الرغم مما ينجم من هذا من أن كل القياسات التى نقوم بها فى مناطقنا الأرضية تكون نسبية ، فان نيوتن تصور أنه قد يكون هناك فيما وراء النجوم منطقة سكون مطلق .

وقد نوقشت مسألة السكون المطلق فى القرن التاسع عشر ، حينما أخذ رجال العلم يعتقدون فى وجود أثير يستخدم لنقل الضوء . ولو فكر فى الأثير كأنه فى حالة سكون مطلق لكان من المحقق استخدامه كمعيار ثابت ، وقياس السرعة التى تتحرك الأرض بها خلال الأثير . وفى العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر جعل العلم الخاص بالبصريات بالاضافة الى نواحى التقدم التى تمت فى المهارة الفنية فى صنع الأجهزة المناسبة فى حيز الأماكن وضع هذه الفروض فى محك التجريب .

وكانت أشهر هذه التجارب تتلخص فى محاولة للكشف عما اذا كان هناك أى اختلاف فى سرعة الضوء حينما يسير (أولا) فى نفس الاتجاه الذى تسير فيه الأرض (ثانيا) حينما يسير فى اتجاه عمودى على ذلك الاتجاه . وتبدو حركة الأرض طبعا بالنسبة لأثير ثابت كاندفاع الأثير . وعلى ذلك فمن الممكن مقارنة التجربة بتوقيت حركة قارب حينما يتحرك مع التيار ، وحينما يتحرك عكسه ، وكذلك حينما يتحرك عبره . ومن المعروف جيدا أن الوقت الذى يأخذه قارب بالمجاديف فى تحركه مسافات متساوية مع التيار ثم ضد التيار أطول بكثير من الوقت الذى يأخذه عند تحركه المسافتين مجتمعتين عبر التيار .

وبدلا من تحريك قارب سمح لشعاع من الضوء أن يسير فى اتجاه تيار الأثير وضده ، وكذلك فى اتجاه عمودى عليه . ولكن النتائج أبانت عدم وجود اختلاف فى أى من الزمنين المستغرقين . وعلى ذلك فلم يتبين وجود تيار أثيرى ، أو بمعنى آخر ليست هناك سرعة للارض بنسبة الأثير . وقد أعيدت مثل هذه التجارب مرات كثيرة ، وكانت الأجهزة التى استعملت فيها دقيقة بدرجة توحى لنا بالثقة فى نتائجها .

وقد فسرت نظرية النسبية التى كان انشتين المولود عام ١٨٧٩ أول من وضعها سنة ١٩٠٥ هذه النتيجة السلبية . وينتج طبقا لهذه النظرية أن الحركة المطلقة لا يمكن قياسها بأية تجربة مهما كانت . وعلاوة على ذلك فان سرعة الضوء تبدو واحدة لجميع المشاهدين مهما كان من حركتهم

النسبية لبعضهم البعض . وهذه النظرية تدعونا الى اعادة النظر فى جميع أفكارنا عن الفضاء والزمن والجاذبية .

لقد اعتدنا أن نتحدث عن الطول والعرض والارتفاع بأنه أفقى وعمودى . ولطالما نحن باقون على ظهر الأرض فان لهذه التعبيرات معنى . ومع ذلك فلو أننا ارتفعنا فى طائرة ، فلن يكون لدينا وسيلة لتقرير ما هو أفقى وما هو عمودى . ان المطار لن يكون ذا جدوى ، اذ أن أى تغيير فى سرعة أو اتجاه الطائرة يحدث على مطارنا نفس التأثيرات التى تحدثها قوة الجاذبية . ويمكننا تمييز الطول والعرض والارتفاع فى وضعنا المقيد داخل الطائرة . ولكن حينما نطل الى الخارج ونرى السحب مندفعة صوبنا ، أو حينما نحملق الى أقطار السماء الثابتة ، فان الطول والعرض والارتفاع كذلك تفقد معناها بالنسبة لنا .

ونحن معتادون أيضا أن نفكر فى الوقت كشىء مطلق لا ينتظر أحدا ، ولكن الوقت فى الحقيقة شىء محلى يتوقف على المشاهد . وعلى ذلك فقياساتنا للوقت تتوقف على ساعات وضعت طبقا لمشاهدات فلكية . ولكن الناس الذين يقطنون كوكبا آخر لهم معدل دورة مختلفة حول الشمس ، ولذلك تختلف سنتهم عن سنتنا . وعلاوة على ذلك فان مشاهدة أية حادثة تتوقف على سرعة الضوء . ان ما يحدث على الأرض الآن قد يراه مشاهد فى جزء بعيد من الكون بعد سنوات عديدة بعد الآن . وفى الحقيقة يمكننا تصور مشاهد فى منطقة أكثر بعدا بكثير من ذلك يشاهد الآن جيوش قيصر تتحرك نحو بلاد الغال .

واذا كان الطول والعرض والارتفاع أمورا ليست مطلقة ، واذ لم يكن هناك تزامنية كونية للحوادث ، فهل فى استطاعتنا أن نجد شيئا مطلقا ؟ ان نظرية النسبية تقول ان ذلك فى طوقتنا طالما كنا مستعدين أن نغير أفكارنا عن الفضاء والزمن . ان النظرية تدعونا الى اعتبار جميع ظواهر الطبيعة كأنها تحدث لا فى فضاء ووقت منفصلين ، بل فى فضاء ووقت ممتزجين بطريقة ليست لدينا بها خبرة مباشرة .

هيا بنا نرى ما معنى هذا . لنفكر فى متزحلق على الجليد . ولوصف موقعة فى أية لحظة يمكن الاشارة الى محورين متعامدين ، ونقول انه على بعد كذا من أحدهما وعلى بعد كذا من الآخر . وفى استطاعتنا رسم عدد من النقط على ورق مربعات ، وبهذا نسجل مواقعه المتتابعة . واذا كان لدينا محور ثالث عمودى على المحورين الآخرين ، يمكننا أن نرسم رسما بيانيا ذا ثلاثة أبعاد ، يمثل الثالث منها الزمن . وهكذا نحصل على سجل أكثر كمالا لما يقوم به المتزحلق ، اذ أننا لا نستطيع فقط أن نتبين أين هو

فى أى وقت معين ، ولكن نستطيع أيضا أن نتبين المسافة التى يقطعها أثناء أية فترة زمنية ، وبذلك يحسب معدل سرعته أثناء وقت معين .

ولو أننـــا عوضا عن متزحلق على الجليد أردنا أن نبين ما يقوم به بهلوان يتأرجح على حبال وسلالم ، فاننا نحتاج الى رسم بيانى ذى ثلاثة أبعـــاد لتبيان مواقعـــه فحسب ، ونحتاج الى بعد رابع أو محور اشــارة ليمثل ما يقوم به فى حينه . وليس فى استطاعتنا تكوين مثل هذا الرسم البيانى الرباعى الأبعاد .

ولكن مثل هذا الشكل البيانى هو الذى يهيىء لنا بالضبط نوع الشكل الهندسى الذى نحتاج اليه لتبيان ما تقوم به الطبيعة من أعمال . وتبين نظرية النسبية أن مثل هذا التمثيل ذى الأبعاد الأربعة لأى من ظواهر الطبيعة هو واحد بالنسبة لجميع المشاهدين مهما كان من بعدهم عن بعضهم البعض ، ومهما كان من سرعاتهم النسبية . والحقيقة أن النظرية ترينا أن ليس كل شىء فى الطبيعة نسبيا ، بل ان هناك أشياء معينـــة مطلقة فى الطبيعة تتطلب منا بحثا دقيقا متواصلا للكشف عنها .

وتضطرنا نظرية النسبية الى الأخذ بوجهة نظر مخالف للجاذبية . فبدلا من تحدثنا عن شدة الجذب كما فعلنا فى الفصل الخامس ، فاننا الآن نسقط كلمة قوة من حسابنا ونفسر ظاهرة الجاذبية على أساس الامتزاج ذى الأبعاد الأربعة للزمان والمكان .

ويؤدى قانون الجاذبية بمقتضى نظرية النسبية الى نتائج متحدة تقريبا مع النتائج المستمدة من قانون نيوتن . وتعتبر هذه الحقيقة بالطبع سندا قويا لنظرية النسبية ، اذ أن خلف قانون الجاذبية لنيوتن أكثر من مائتى عام من التحقيق . ومع ذلك فحتى فى وقت اكتشــاف نبتون عن طريق حسابات قامت على أثاث نظرية نيوتن ، تبلبلت أفكار الفلكيين بواسطة عدم الانتظامات البسيطة فى مسار الكوكب عطارد . ان مداره كان معروفا بأنه قريبا جدا من بيضاوى ، ولكنهم وجدوا أن النقطة التى يكون فيها عطارد أقرب ما يكون الى الشمس تتغير تغيرا بسيطا على مر السنين . وقد وجدوا أن الجزء الأكبر من هـــذا التغيـــير ناتج عن جاذبية كواكب أخرى ويمكن تعليله طبقا لقانون نيوتن . ولكن هذا التعليل ترك مع ذلك تفاوتا طفيفا لم يكن فى الامكان تفسيره .

وظلت هذه المشكلة العويصة دون حل حتى عرف من نظرية النسبية أن عطارد يمكن أن تتحرك بالضبط من مدار مطابق لما اكتشفته الأرصاد الفلكية . وكان هـــذا أول تحقيق مباشر للنظـــرية الجديدة . وتوالت الاثباتات الأخرى بعد ذلك . وعلى ذلك فانه يترتب على نظرية النسبية

أن الضوء القادم الى الأرض من نجم ما يجب أن ينحنى عن مساره عند مروره قريبا من الشمس . ويظهر هذا الانحناء نفسه بصورة واضحة فى تغير طفيف فى مواقع نجوم معينة بين بعضها البعض . وقد اكتشفت هـذه التغيرات لأول مـرة عند حدوث كسـوف كلى للشمس فى مايو ١٩١٩ . ومثل هذا الاختبار عن طريق نظرية النسبية كان انتصـارا أيضا للقياس الدقيق . وقد أصبح هذا فى حيز الامكان فقط بفضـل خطى التقدم الهائلة التى تمت فى الفلك منذ بدء القرن التاسع عشر ، تقدم نجم عن رسم خرائط للسموات بواسطة تلسكوبات أدخلت تحسينات عليها ، وباستعمال التصوير الفوتوغرافى فى الأرصاد الفلكية . وعلاوة على ذلك فقد نتج عن الأرصـاد التى تمت لطيف الشمس تحقيق آخر لنظرية النسبية .

وعلى ذلك فان الاختلافات الطفيفة بين النتائج المقررة طبقا لنظرية نيوتن ، والنتائج المقدرة طبقا لنظرية أنشتين قد اختبرت تجريبيا ، ووجد أنها تثبت نظرية أنشتين . ومع ذلك فان نظـرية نيوتن تمـدنا بنتائج دقيقة كافية لجميع أغراض الحيـاة العادية مثل التنبؤ بحـدوث المد والجزر ، والحسابات التفصيلية لحركات الشمس والقمر والكواكب . وتقع الأهميـة العظمى لنظرية النسبية فى أنهـا قد أدت الى مراجعة لأفكارنا الأساسية ، وأمدتنا بوجهة نظر جديدة .

ولقد رأينا كيف تغيرت الأفكار فى اتجاهات اخـرى منذ القـرن الماضى ، وكيف نعتبر الذرة جسما مكونا من الكترونات ، ونيوترونات ، وبروتونات . وقد يقول بعض الناس : كان الناس أيام دالتون يعتقدون فى ذرات صلبة صغيرة لا يمكن انقسامها . والآن يخبرنا العلم أن الذرة نظام كهربى ، وأنه من الممكن أن تتغير الى شىء آخر . واعتدنا كذلك أن نفكر فى قانون نيوتن الجاذبية كشىء فى استطاعتنا أن نضع فيه ثقتنا . والآن يبدو أن النتـائج التى وصـل اليها العلم ترينا أنه لا يعلل بعض الظواهر التى تكشف التلسكوبات عنها ، ولـكن ربما نحاط علمـا فى المستقبل القريب بشىء آخر . اذن فكيف نهتدى الى ما نؤمن به ؟ أن الاجابة عن هذا تتلخص فى أن العـلم لا يدعى حكما فاصلا فى أى من استنتاجاته . ان العلم يتقدم بنبذ نظرية تبين عدم صلاحيتها كما يتقدم بكشف حقائق جديدة . والحكم على نظرية ما يكون حسب نفعها . ولا مراء فى هذه الحقيقة النهائية .

ويجب أن نذكر علاوة على ذلك أن الأفكار التى نستعملها تتوقف على المشكلة المطروحة على بساط البحث . ولا تقلل الاكتشافات الجديدة عن الذرة بحـال من قيمـة نظـرية دالتون الذرية كأعظم أداة نافعة لدى

الكيماوى ، فالذرة ما زالت وحدة غير قابلة للانقسام من ناحية التغيرات الكيماوية العادية . ولا يتوقف الكيمائى الصناعى الذى يحاول تكوين مركبات جديدة ليتدبر التركيب الكهربى للذرة ، ولا يبلبل المهندس الذى يقوم بتصميم الأنفاق والكبارى أفكاره بهندسة غير اقليدية . وعلى ذلك فانه على الرغم من أن العلم الحـــديث يأخذ بأفكارنا الى نواة الذرة ، وكذلك الى مناطق الفضاء الواقعة بين النجوم ، الا أننا مازلنا بالنسبة لمشاكلنا العادية نحتفظ بأقدامنا على الأرض .

الفصل الرابع عشر
قوى جديدة ومواد جديدة

١ ـ مظاهر العلم الحديث

لقد رأينا ونحن نسرد قصتنا كيف انتزع رجال العلم من الطبيعة بعض أسرارها ، وكيف أن عاملا قد مهد الطريق لآخر ، وكيف أن اشارة تركها أحد الناس آتت ثمارها فيما بعد فى تفكير شخص آخر . لقد نما العلم فى الحقيقة عن طريق جهود كثير من العاملين ولـكن تعـاون الجهود اليوم أمر حتمى على مدى لم يكن معروفا فى الأزمان السالفة . لقد كان فى استطاعة شخص كبريستلى أو شخص كدالتون أو فاراداى أن يعمل بمفرده مستعملا آلات من صنع يده . ولكن على الرغم من أن منبع الاكتشاف العلمى كان كما هو الآن النبوغ الفردى ، الا أن الباحث اليوم مهما كان من عظمة حماسه المتقد قد يصبح لا حول له ولا قوة بدون مهارة الصانع الكيمائى وصانع المعادن والمهندس . لقد مضت من أزمان بعيدة أيام المفتاح ، والطائرة الورقية ، وقطعة الخيط (١) . ان رجل العلم اليوم قد يحتاج الى امدادات من أنحاء بعيدة من الأرض زيادة على الأجهزة المقامة فى بناء متسع والتى ترعاها هيئة من الفنيين .

وقد تكون التقديرات التى تقوم عليها الأبحاث الحديثة فوق متناول القوى الرياضية لجهود فرد واحد ، ونتيجة لذلك قد يحتاج الى معونة جهاز معقد يطلق عليه غالبا اسم المخ الكهربى . وهو يتركب من شبكة من الدوائر يمكن بواسطتها توزيع النبضات الكهربية واختزانها . ولا يجب فحسب أن يقوم جهاز أوتوماتيكى ، حتى ولو ابتكره الانسان ، بالعمل

---

(١) المواد البسيطة التى جلب بها بنجامين فرانكلين (١٧٠٦ ـ ١٧٩٠) الكهرباء من السحب وبهذا كشف عن طبيعة البرق . وقد ذكر لورد برغام (١٧٧٨ ـ ١٨٦٨) حينما كان يحث على مراعاة الاقتصاد الشديد فى الاتفاق على معاهد الميكانيكا فى أوائل القـــرن التاسع عشر جهاز فرانكلين القليل التكاليف .

الآلى ، اذ غالبا ما تحتاج الأبحاث الحالية فريقا من العاملين ، كل فى اختصاصه .

٢ ــ الظواهر السطحية

انه يبدو غريبا لأول وهلة أن تكون دراسات عالم الفيزياء لفقاعات الصابون وللأغلفة السائلة ذات عون للخزاف فى حرفته التى استمرت أبد الآبدين . ولكن حلقة الاتصال هى دراسة الشد أو التوتر السطحى كما يسمى ، وهو الذى يجعل فقاعة الصابون تتماسك . وبنفس الطريقة يغلف اناء الفخار الذى ألقى حديثا فى دولاب الخزاف بطبقة رقيقة جدا تجعله يحتفظ بشكله . وتتكون هذه الطبقة الرقيقة من جسيمات متناهية فى الصغر ، أو مخلوط غروى كما يسمى . والاحتفاظ بشكل مثل هذا الاناء الخزفى وجفافه مسائل تتعلق بالتوتر السطحى . وعلاوة على ذلك فقد تبين أن الخاصية المميزة للخزف التى يمكن تشكيله بها تتوقف على حجم الجسيمات الغروية . ولقد تعرض العلم لهذا بابتكار طرق لمعرفة عدد الجسيمات فى المخلوط الغروى فى الخزف . وقد تسبب عن هذا درجة من الرقابة على المنتجات التى تم صنعها أكبر مما تسمح به الطرق التقليدية لهذه الحرفة .

وللدراسة الفقاقيع والرقائق علاقات هامة بطريقة مستعملة فى عزل خامات المعادن . وتعتمد تلك الطريقة على الاختلافات فى التوتر السطحى لمواد مختلفة فى الخام المسحوق حينما يكون ملامسا لسائل . ويمكننا مقارنة هذه العملية بعملية المطهرات الحديثة التى تحرص ربة البيت حرصا شديدا على شرائها . ان الماء ينزلق على أية مادة شحمية كما ينزلق على سطح بطة ، ولكن المطهر يزيد من قوة بلل الماء . وبمعنى آخر ينقص من التوتر السطحى . وينجم عن ذلك أن تتبلل الملابس التى تغسل بسرعة ، وتطفو القذارة بعيدا عنها . وكذلك فحينما يضاف عامل مناسب محدثا رغوة الى خام مختلط بماء ويحرك المخلوط كله تحريكا تاما ، فان بعض الجسيمات تتجمع حول الفقاعات وترتفع الى السطح ، بينما تتبلل الأخرى وتغوص الى أسفل . ان العلم يمدنا بالعوامل الرغوية ، وقد ثبت أن هذه الطريقة طريقة اقتصادية بدرجة كبيرة بالنسبة لعدد كبير من الخامات .

ولفحص الأغلفة الرقيقة الأخرى ــ أى تلك الأغلفة التى على سطوح المعادن ــ علاقة بمشاكل اقتصادية خطيرة ، مشاكل الصدأ والتآكل (١) .

---

(١) قدر المرحوم السير روبرت هادفيلد الخسارة السنوية الناتجة مما يحدثه الصدأ فقط فى العالم من اتلاف بحوالى ستمائة مليون جنيه .

وتأخذ مثل هذه العمليات مجراها دون أن تظهر للعيان بدرجة أنه قد يتسبب عمود محرك متآكل فى بطء حركة سفينة ، أو حتى تتسبب دعامة صلبة صدئة في انهيار جدار . لقد أدركت خطورة المشكلة منذ زمن طويل . وقد أوحت مشـــاهدة التآكل غالبا بجوار الشـقوق ، والوصلات المبرشمة ، والوصلات الملحومة ، وعند نقط اتصال المعادن المختلفة بأن السبب ربما يكون كيماويا كهربيا فى نشأته .

وقـــد أيد البحث العلمي هذا ، وأبان أن ميل معـدن للتآكل يمكن التعبير عنه باعداد ذات علاقة بالحالة الكهربية بين المعـدن والهواء او المحلول المتصل به . وعلاوة على ذلك فقد ثبت أن سطوح المعادن التى تتعرض للهواء الجاف تكسى بغلاف رقيق سمكه سمك طبقة أو طبقتين من جزئيات المادة . وهذا الغلاف الرقيق جدا يصبح وقاية ضد التآكل ، وبذلك يكتسب المعدن ما يسمى بالحالة السلبية . وبصرف النظر عن الفائدة الجوهرية لمثل هذه الدراسات ، فانها قد أدت الى عدد من الطرق يمكن منع التآكل بواسطتها . وتتلخص احدى هذه الطرق التى قد نطلق عليها الهجوم الكيماوى الكهربى المباشر فى ايجاد رسوب تحليلى كهربى مضاد تماما فى أثره للرسوب الذى قد ينتج عن التآكل . وهذا فى المبدأ شبيه بتكوين خلية فولتية يوقف الرسوب فيها تيار خارجى ، وكذلك ما ينتج عن ذلك من تآكل احد الأقطاب .

وتتلخص طرق أخرى فى اعداد معادن تقاوم التآكل مثل ألواح صلب للسفن تحتوى على ١٦ر١٪ من النحاس ، ٧٥ر٣٪ من النيكل تقاوم أثر ماء البحر أكثر من الألواح الأخرى . ويمكن اعداد الأغلفة المعدنية الواقية لبعض الأغراض بواسطة الزنك أو الألمنيوم على هيئة مسحوق ملامس للسطح المصنوع من الحديد أو الصلب . وبهذه الطريقة يدخل المعدن الواقى الى الشقوق . وقد ثبت أن هناك أنواعا معينة من التآكل الذى يتم تحت سطح الأرض لأنابيب المياه والأنابيب الأخرى ناتجة عن بكتيريا تواصل أوجه نشاطها المهلك فى أنواع التربة الطفليـــة التى تزخر بها بريطانيا العظمى . وعلى الرغم من أنه قد أمكن معرفة هـــذه البكتيريا بواسطة المجهر الالكترونى(١) ، الا أنه لم تكتشف للآن طرق فعـــالة لمحاربتها .

ان فحص أنواع التربة تحت المجهر وقيـــاس الأغلفة الرقيقة التى توجد على سطح المعادن قد يتلهى بذكرها المتفرج العابر . ولكن النتائج

---

(١) جهاز معقد تتجمع بواسطته حزمة الكترونية فى بؤرة بواسطة مغنطيسات كهربية، يعطى تكبيرا أكبر بكثير من تكبير أعظم الميكروسكوبات البصرية قوة .

التى توصل الانســان اليها ذات أثر بعيــد المدى فى حل المشـــاكل الاقتصادية ، وكذلك فى ايجاد طرق جديدة للبحث . والحقيقة أن كثيرا من الأعمال الحديثة تتميز بدراسات دقيقة وبالفحص الدقيق للانحرافات عن القواعد المسلم بها عامة . ويتضح هذا على الأخص فى الدراسات الحديثة المتعلقة بعلم الفضاء ، تلك الدراسات التى سنتحدث عن بعضها فى الصفحات التالية .

٣ ــ التوربين النفاث

ان التقــدم الذى أحرزه الطيران منذ أول رحــلات طيران قام بهــا الاخوان رايت منذ خمسين عاما أدى الى النجاح المتعدد النواحى الذى احرزته الطائرات الضخمة النفاثة ذات المحركات الأربعة ، الكوميت دى هافيلاندر ، انما هو سجل لجهودمضنية لتصـــميم آلة ذات شـــكل ومادة مناسبة مع المراعاة اللائقة لميكانيكا السيارات . انه سجل تميز بكثير من التجارب ، وكثير من مرات عدم التوفيق ، دعمه استقصاء علمى دقيق ، وعضدته روح مخاطرة لا تقهر .

ولقد ظل اكتساب القدرة على الطيران أمنية الانسان ردحا طويلا من الزمن . وعلى الرغم من ذلك فان صاحب المزامير (١) لم يكن فى وسعه الا أن يتنهد أسفا لعله يعار أجنحة يمامة يطير بها . وهلك ايكاروس(٢) نتيجة مطامحه . وقد نجمت أول رحلات طيران ناجحة عن الالمام بمقاومة الهواء من جهة ، ومن جهة نتيجة الالمام بقوة الرفع الى أعلى وما نجم عن ذلك من بناء طائرة ذات شكل وثقل وقوة مناسبة .

ان قوة الجو الرافعة لســطح مستو يتحــرك أفقيا قد استعملت بالطبع بواسطة أجيال من الصبية حينما كانوا يدفعون بطائراتهم الورقية لتسبح فى الهواء . وقد تأيد مبدأ الرفع هذا بواسطة بيرنوللى (١٧٠٠ ــ ١٧٨٢) الذى خلد اسمه بواسطة مبدئه المشهور ــ الذى يتلخص فى أنه حينما تزداد سرعة تيار سيال فى أية نقطة ، فان الضغط عند تلك النقطة يكون أقل من الضغط فى اتجاه انسياب التيــار . وقد عرف بيرونوللى أن الهواء يقاوم الأشياء التى تتحرك خلاله ، ولكنه كان يعتقد

---

(١) داود عليه السلام (المترجم)

(٢) ايكاروس حسب الاساطير الاغريقية هو ابن دادالوس الذى كان صانعا تميز بالدهاء ، طار هو ونجله ايكاروس بواسطة أجنحة ثبتت فى اكتافهما بشمع من كريت الى ايطاليا . لقد وصل دادالوس سالما ، ولكن ايكاروس طار حتى صار على مقـــربة من الشمس التى اذابت الشمع فسقط الى البحر . (المترجم) .

لوحة رقم ٢٧

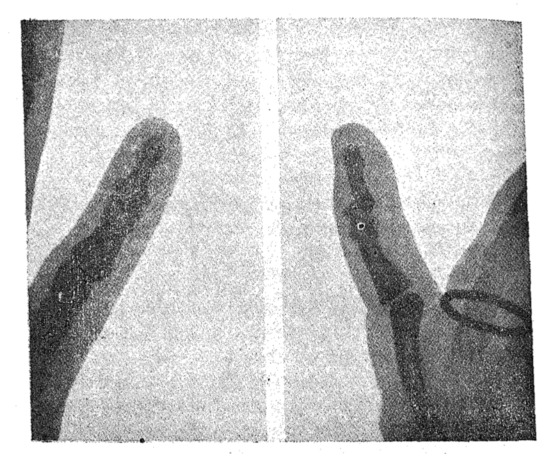


استخدام الاشعة السينية فى فحص صورة ـ رأس انسان للفنان انتونيللو دا مسينا (حوالى ١٤٦٠ ـ ١٤٧٩) فى الضوء العادى وتحت الأشعة السينية .

ويلاحظ أن كلتا العينين فى الصورة قد غيرتا . وتدل البقعة البيضاء فى الجبهة على تصليح . وتظهر تجزيئة اللوح الخشبى اذ كان الاشعاع رقيقا جدا

(معاد تصويرها بعد اذن كريم من المشرفين على صالة العرض القومية ، لندن)

لوحة رقم ٢٨



صور آشعة سينية لأصبع انسان أمامية خلفية وجانبية
تبين الصورة اليمنى وهي الصورة الجانبية كسرا قديما في المفصل الأعلى

أن جسيمات الهواء حرة أن تتحرك بين بعضها البعض بدرجة أن أحدى الطبقات لا تستطيع اعاقة طبقة مجاورة عن الحركة . وبمعنى آخر اعتقد أن الهواء لا لزوجة له .

وعلى الرغم من أنه عرف اليوم أن هذا الفرض فرض غير صحيح ، الا أنه لم يكن مصدر خطأ خطير حتى حلت أيام الطيران عبر الفضاء . ولكن حينما بدأ المهندسون يمخضون الهواء بمحركات طائرتهم ، تحتمت دراسة لزوجة الهواء . لقد تحقق عندئذ أن لزوجة انسيات الهواء هو الذى يجعل طيران الطائرة ممكنا . وهذا الانسياب الناتج عن ضغوط فى طبقة الهواء المحيطة بالطائرة من جهة ، ومن جهة الى الدوامات الهوائية التى تتكون فى أثر التيار المنساب فوق الأجنحة يجب أن يكون ذا قدر يمكن السيطرة عليه لكى تكون هناك قوة رفع مناسبة بواسطة المحرك واقل قدر من الهواء المطروح (شكل ٣٩) وقد وجه الكثير من الأبحاث التى تمت حديثا الى تصميم سطح انسيابى تتوفر فيه هذه الشروط .

واثناء سنى الحرب (١٩٣٩ — ١٩٤٥) أثار نبأ اختراع الطائرة النفاثة المقاتلة التى تستخدم توربينا غازيا مستغنية بذلك عن آلة الاحتراق الداخلى والمحرك اهتمام الرأى العام . ويرجع الفضل الأكبر فى نجاح المحرك النفاث كما يسمى الآن الى جهود قائد الأسراب (الآن السير) فرانك هوتيل .

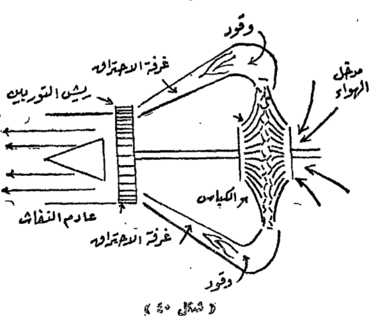
اننا نعرف من المعلومات التى استقيناها (١) أن السير فرانك هوتيل خطرت فكرة استعمال توربين للتحريك النفاث بباله ، وقام بتسجيل اختراعه بعد ذلك بعامين ، ولكنه حينما أراد أثارة اهتمام وزارة الطيران لم تلق فكرته تشجيعا . وفى عام ١٩٣٦ كونت شركة ، تدعى شركة القوى النفاثة المساهمة ، برأس مال أساسى قدره ٢٠٠٠ جنيه للبدء فى المحاولات التجريبية . وبعد ذلك بثلاثة أعوام اعترفت وزارة الطيران أن هوتيل قد وضع أسس آلة طيران عملية . وبعد ذلك لقى هذا المشروع تعضيدا رسميا ، وتم انتاج آلات مناسبة على مدى أوسع .

ويتكون التوربين الغازى فى جوهره من جزأين أحدهما ريش التوربين المحملة على عمود والآخر وحدة كبس محملة على نفس العمود ، هذا بالاضافة الى منافذ مناسبة لادخال الوقود ، واسطوانات لاحتراقه

---

(١) من « التاريخ الاول لتوربين هوتيل الغازى للتحريك النفاث» ، بواسطة قائد الاسراب ف . هوتيل ، من سجلات معهد المهندسين الميكانيكيين ، مارس ١٩٤٦ ، ص — ٤١٩ .

(شكل ٤٠) . وعند استعمال توربين الغاز فى الطائرات النفاثة يؤخذ الهواء من الغلاف الجوى الى الداخل مارا خلال أنابيب فى مقدمة جسم الطائرة ، وبعد ذلك يمر خـلال موزع الى الـكباس ، حيث قد يرتفع الضغط من ١٥ رطلا على كل بوصة مربعة الى ٣٥ رطلا ، وبارتفاع مناسب فى درجة حرارة ناتج عن الكبس . وبعد ذلك يمر الهواء المضغوط الى غرف الاحتراق حيث يغذى لهب زيت برافين دائم الاشتعال . وضغط الغازات الخارجة من غرف الاحتراق هـذه هو ٥٨ رطل على البوصة المربعة ، ودرجة حرارتها ٨٠٠ مئوية ، وسرعتها تزيد عن ٥٥٠ قدم فى الثانية . وتمر هذه الغازات السريعة الحركة خلال ريش دليلية الى ريش التوربين التى تحرك العمود المتحكم فى الكباس . وتخرج الغازات الحارة بعد ذلك مارة خلال فونية فى ذيل الطائرة مصممة تصميما مناسبا بحيث تكون تيارا نفاثا ذا سرعة عالية ، يتسبب عن رد الفعل لتحرك الطائرة .



« شكل ٤٥ »
رسم توضيحى لتصميم المحرك النفاث

والمبـدأ المطبق فى هـذا بسيط مثلـه مثل أى اختـراع آخر من الاختراعات الكثيرة . فنحن نعرف من قانون نيوتن الثالث ان الفعـل ورد الفعل متسـاويان ، وعلى ذلك فاذا ألقى شىء من جسـم حر فى تحركه ، فان ذلك الجسم يرتد فى الجهة المقابلة . ويمكن توضيح هذا بعمل ثقب دبوس فى منطاد مستطيل الشكل من مناطيد لعب الأطفال . ان هذا البلون يتحرك عندئذ فى اتجاه مضاد للاتجاه الذى يسلكه الغاز النافذ . وفى حالة المحرك النفاث تكون سرعة الغازات عند خروجها سرعة هائلة ، ولكن صغيرة الكتلة ، بيد أن كتلة الطائرة كبيرة نسبيا

ونتيجة لذلك تكون سرعتها أقل ، وذلك لأن كمية تحرك الطائرة وكمية تحرك الغاز المنطلق متساويان طبقا لقانون نيوتن .

ولكن على الرغم من أن مبدأ رد الفعل معروف تماما ، فان تطبيقه في الطائرات لم يتطلب ذكاء خارقا فقط كذكاء هوتيل ، ولكنه تطلب أيضا معونة الصناعة المعدنية الحديثة لاعداد سبيكة صلب تقاوم درجات الحرارة المرتفعة والضغوط العظيمة التى تنشأ عند تشغيل التوربين . وعلى الرغم مما أحرز من نجاح ، فان البحث مازال متواصلا بغية ادخال تحسينات على ذلك .

وكانت الطائرة النفاثة الوحيدة التى استخدمت فى حرب ١٩٣٩ ـ ١٩٤٥ هى الطائرة المطاردة النفاثة جلوستر . انها صنعت جميعها من المعدن ، وزودت بمحركين نفاثين(١) . ومنذ ذلك الوقت تم تقدم أكثر فى الآلات النفاثة ذات السرعة العالية ، وكذلك فى آلات الغاز التوربينية المستعملة فى تحريك المحركات والمسماة بالمحركات التوربينية . ويبدو ان المحرك النفاث أكثر ملاءمة للسرعات العالية جدا ، بينمــا المحركات التوربينية اكثر كفاءة فى السرعات المنخفضة نوعا ولكن لمسافات طيران أطول . وقد استعمل التوربين الغازى فعلا فى سويسرا فى القاطرات ، وفى توليد قوة كهربية للصناعة . وعلى الرغم من التـكاليف البـاهظة للوقود السائل فىبريطانيا ، فان الخطط قائمة على قدم وساق لاستعمال توربينات الغاز كالمحركات الأولى فى محطات توليد الـكهرباء .

٤ ـ المواد الانشائية

من المعترف به الآن أن الانسان أقل اعتمادا على المواد الخـام التى يجدها حوله عما كان عليه فى الأيام السالفة ، وانه أكثر اقتـدارا على صنع مواد ذات خواص يريدها . وليس هناك من مجال يظهر فيه هذا أكثر جلاء من مجال الصناعات المعدنية . لقد هيأت الـكيمياء الحديثة للانسان سيطرة على خواص الصلب تمكنه مثلا من صنـــع صلب ذى درجة صلابة خاصة وصلب من الممكن سحبه ، وآخر مقاوم للتغـيرات الـكبيرة فى درجات الحرارة . ويمكن بمثل أنواع الصلب هذه صناعة التوربين الغازى ، والتوربين البخارى ، وآلة الاحتراق الداخلى ، وكل العدد وآلات القياس المستعملة فى الصناعة الحديثة .

---

(١) يجب أن نتذكر أن ف ٠ ١ ـ أو القنبلة الطائرة الألمانية ـ كانت عبارة عن طائرة نفاثة . كان الانفجار الناتج عن بنزين غير جيد النوع ينتج ضغطا هائلا ، وكانت الغازات المشتعلة تنطلق بسرعة عالية تسبب دفع الطائرة الى الأمام .

وكان الصلب المستعمل فى صنع انصال السيوف فى دمشق القديمة يطرق باليد . وقد تلقن الناس خلال القرون هذه الطريقة على يد صناع مهرة ، ولكن الخطوة الأولى نحو انتاج الصلب على مدى واسع لم تحدث حتى منتصف القرن التاسع عشر حينما أبان سير هنرى بيسمر (١٨١٣ - ١٨٩٨) كيفية امكان انتاج الصلب بثمن رخيص . وكانت عمليته تتكون من امرار تيار هواء تحت ضغط خلال الحديد الخام الغشيم الذائب ، يتحد بواسطته الكربون والسليكون - اللذان يكونان الشوائب الرئيسية - مع اكسجين الهواء . وقد رفع هذا التأكسد الذى حدث فى كتلة المعدن كلها درجة الحرارة بدرجة عظيمة ، ونتج عن ذلك صلب بعد تيار استغرق فترة قصيرة جدا . وقد برهنت هذه العملية على بساطتها وقلة تكاليفها .

ومنذ ايام بيسمر اتسع انتاج الصلب اتساعا هائلا . وقد حدثت تعديلات فنية ، وأصبح من الميسور الآن الحصول على اصناف كثيرة من أنواع الصلب للأغراض الخاصة . وقد أنتج الصلب المشهور الذى لا يصدأ لأول مرة كسبيكة صلب بسيطة بها نسبة متوسطة من الكربون و ١٤ ٪ من النيكل ، و ١٨ ٪ كروم . وهذا النوع من السبائك يقاوم التآكل ، وهو أقل صلابة من الصلب المستعمل فى الآلات القاطعة ، ولكنه مناسب بدرجة عظيمة لصناعة ادوات مثل حوض الغسيل الحديث المصنوع من صلب لا يصدأ .

ولصناعة آلة قاطعة تعمل بسرعة عظيمة يتحتم وجود صلب على درجة خاصة من الصلابة واضافة معدن التنجستون بنسبة تصل الى ١٨ ٪ ، وكروم بنسبة تصل الى ٤ ٪ تعطى صلبا يحتفظ بحده القاطع حتى حينما يعمل فى درجة الاحمرار الحرارى . وسبائك صلب ، نيمون ٨٠ ، التى تتطلبها صناعة الريش المتحركة لآلة التوربين النفاث، مقاومة للحرارة بدرجة خاصة . وهذه المواد هى نتيجة أبحاث معقدة فى الانشاءات المعدنية التى تتطلب تحليلا بواسطة الأشعة السينية وكل ما ابدعته الكيمياء الحديثة من وسائل .

ويستعمل صلب ذو نسبة كربون منخفضة او «لين» لأغراض انشائية كثيرة - الواح السفن والكمر ، والروافد ، واطارات الصلب التى تشيد حولها المبانى الكبيرة . ومع ذلك فان سبائك الومنيوم معينة تحل الآن محل الصلب فى الانشاءات السقفية وأنابيب الصقالات التى تصنع من سبيكة ألومنيوم قوية بدرجة كافية ، ولكنها اخف من الصلب ومن شأن هذه الخفة أن تقلل بدرجة كبيرة من تكاليف النقل والبناء . ويصير الألومنيوم لينا هو وسبائكه فى درجة حرارة تبلغ ٥٠٠° مئوية

حينما يدفع تحت ضغط خلال قالب (اسطمبة) ، وهي عمليـة تعرف بعملية الاسقاط . وبهذه الطريقة يمكن بسهولة انتاج أجـزاء بشـكل مرغوب فيه ، وبهذا تكون ملائمة للبناء العاجل . وكانت تتكون كثير من المواد التي استعملت في الانشاءات الزخرفية لمعرض بنك ساوث الذى أقيم سنة ١٩٥١ من سبائك ألمونية .

والطائرة الحديثة بسطحها الأملس وأجنحتها ذات الحوافى الحادة هى بالطبع فى مسيس الحاجة الى مواد خفيفة قوية . ويستعمل مهندس الطائرات أحدى السبائك المسماة بالسبائك الخفيفة . وأهم هذه السبائك سبيكة الدورالومين التى تتكون من ٩٥٪ ألومنيوم و ٤٪ نحاس ، و٥ر٪ منجنيز ، و ٥ر٪ زنك . واحـداث تغييرات فى تركيب هذه السـبائك الخفيفة وفى معالجتها بالحرارة ينتج مواد ذات قوة عظيمة . والمنجنيز هو أحد مكونات كثير من هذه السبائك . وانه لمما يثير الاهتمام أن نلاحظ أن النقص فى كميات المنجنيز أثناء حرب ١٩٣٩ ـ ١٩٤٥ اضطر الكيمائيين الصناعيين فى بريطانيا العظمى الى أن يعودوا الى الطريقة البدائية لتبخير ماء البحر ليستخرجوا من ملح البحر الناتج العشرة فى المائة من كلوريد المنجنيز الذى يحتويه هذا الملح . وقد استعمل هذا حينئذ فى الحصول على منجنيز نقى . وكان لابد من تبخير ملايين الأطنان من ماء البحر ، ومع ذلك فقد ثبت نجاح هذه الطرق اقتصاديا .

وخلال الثلاثين سنة الأخيرة حلت الخرسانة المسلحة أى خرسـانة من اسمنت بورتلاند مقواة بواسطة أسياخ من الصلب محل الحجر والآجر والخشب فى البناء . وتتكون الخرسـانة من مزيج من حجارة صغيرة ورمل ، وماء ومادة اسمنتية مصنوعة من الجير والطفل . ويصب المخلوط وهو فى حالة لينة فى قوالب من خشب أو صاج محتوية على اسـياخ التسليح . ويساعد الصلب على تماسك الخرسـانة بعضها من بعض ، ويتصلب المخلوط كله الى كتلة تشبه الصخر .

وتقاوم الخرسانة المسلحة الضغط وتسـتعمل فى انشاء الطرق ، والكبارى ، والأنابيب وأنابيب المجارى ، وكذلك فى الأسـقف والروافد والأرضيات . وغالبا ما تباع مصبوبة بالفعل لروافد الأبنية . والبناء بالخرسانة المسلحة قوى ، وضد الحريق . ولقد عود استعماله سكان المدن على العمارة التى تمتاز بالبساطة التامة . وتمكن المواد الحديثة الناس من البناء دون استعمال القوس التقليدى والأعمدة الرافعة التى كانت ضرورية ايام البناء بالحجر . ويميل المهندسون المعماريون الى أن يفكروا فحسب فى المواد الانشائية التى يستعملونها ،. وفى اسـتعمال الأشكال الزخرفية التى يمكن صنعها فى قوالب مثل الخرسانة ذاتها ،

والتى لا تبدو أنها من عمـــل أزميل النحات • وهو يستغنون عادة فى حالة الأبنية البسيطة عن الزخرفة تماما ويستخدمون طريقة معمارية من خطوط مستقيمة خالية من الأقواس ، وغير مثقلة بزخرفة لا لزوم لها •

٥ ــ اللدائن

لقد صاحبت الاتجاهات صوب قدر أعظم من البساطة فى التصميم المعمارى تعديلات فى الأجهزة المنزلية ، وسهل انجاز التصميمات الحديثة انتاج نوع جديد تمام الجدة من المواد سمى باللدائن (المواد البلاستيكية) وهذه المواد التى تتضمن المواد المستعملة فى صناعة مقابض السكاكين ، والفناجين وأطباقها ، وأجهزة التليفون ، ومواد التنجيد ليست لدنة بمعنى أنه يمكن تشكيلها باليد كالخزف أو البلاط . ولكن على الرغم من ذلك ، فان كثيرا منها فى مرحلة من مراحل انتاجها تشكل بتأثير الحرارة أو الضغط أو السـحب فيتكون منها خيـوط رفيعة . ولذلك فمازال اسم اللدائن يطلق على الناتج النهائى .

ويبلغ عدد اللدائن المدونة فى سجلات الصناعة الآن عدة مئـات ، يشبه بعضها الراتينجات الطبيعية ويشبه بعضها المطاط ، ولكنها مدينة كلها بخواصها الخاصة الى اتحاد مركبات الكربون سويا مكونة بذلك سلسلة طويلة من مجموعات جزئيـة متشابهـة تسمى البوليمارات • ويتكون السيلولوز مثلا وهو بوليمار طبيعى من سلسلة طويلة من وحدات الجلوكوز . ولو تصورنا جزيئات الجلوكوز مصطفة بجانب بعضها بعضا مع تفاعل مجموعات الأدروكسيل وازالة المـاء فاننا نحصل على صورة لسلسلة السيلولوز . واستعمل الكيمائيون السيلولوز أساسا لاشتقاق أعـدادا كبيرة من المركبات الأخرى باحـلال مجموعات أخرى من الذرات محل الأدروكسيلات • وعلى ذلك فبادخال مجموعة نتروجينية (ن أ ٢) على جزىء سيلولوز ينتج النترو سيلولوز الذى عندما يعالج بالـكافور والكحول يترك بعد التبخر كتلة قرنيـة تعرف باسم السيلولويد(١) وتستخدم هذه كبديل رخيص للعاج ، كما يصنع منه صحائف رقيقـة تستخدم فى صنع الأفلام السينمائية .

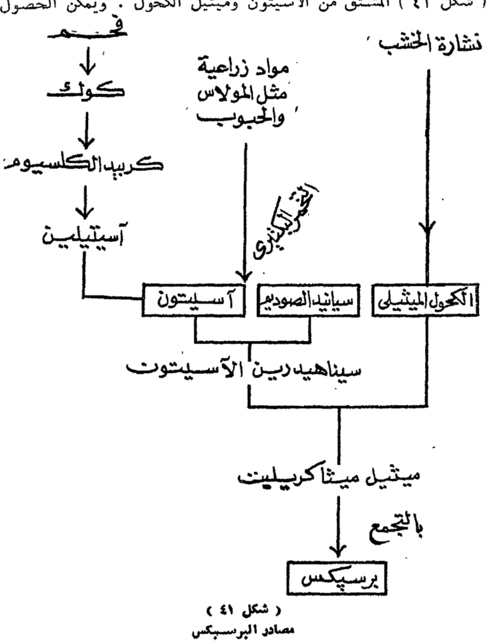
ويحتفظ السيلولوز بأهميته كمعدل أساسى فى صناعـة اللدائن . ولـكن معرفة الكيمائيين بتركيبه السلسلى كانت حافزا لهـم على البحث

---

(١) السيلولويد مادة صلبة شفافة من السيلولوز والكافور • وتصنع الأمشاط وأدوات الزينة وآلات التصوير والأفلام غالبا من السيلولويد الأبيض أو الملون (المترجم) •

عن مواد ذات خواص مشابهة . وفى خلال العشرين سنة الأخيرة صنعت أعداد كبيرة من البوليمارات من أيدروكربونات بسيطة . واحد هـذه البوليمارات الاصطناعية ، واسمه التجارى بوليثيلين ، هـو بوليمار أثيلين ايدروكاربونى ناتج عن تعرض الاثيلين لضغط عال مع وجود مادة حفازة ، أنه خفيف الوزن ، وعازل كهربى تام لا ينفذ الماء خلاله اطلاقا .

ومثل آخر من أمثلة اللدائن الاصطناعية التامة ، يعرف بالاسم التجارى برسبكس الذى يشمل قدرا كبيرا من المواد الشبه زجاجية . وأحد اللدائن الهامة فى مجموعة البرسبكس هو بولبمار ميثيل الميثاكربليت (شكل ٤١) المشتق من الأسيتون وميثيل الكحول . ويمكن الحصول



(شكل ٤١)
مصادر البرسبكس

على هذه المواد على نطاق واسع من الموارد الطبيعية • ويشتق الأسيتون من الاسيتيلين المصنوع من التخمير البكتيرى للمولاس أو من الفحم بطريق غير مباشر • وعلى الرغم من ان الكحول الميثيلى غالبا ماينتج صناعيا الا اننا نحصل عليه من المواد العادمة للخشب كالنشارة مثلا •

وبوليمار الميثيل ميثاكريليت ذو درجة شفافية عجيبة ، اذ يمكن رؤية الأشياء خلال شريحة منه سمكها ثلاثة أقدام • وله كذلك معامل انكسار عال بحيث أن الضوء المار خلال أنبوبة منه يعانى انعكاسا داخليا بدرجة كبيرة حتى أن الضوء يتبع ، كما نقول ، فى مساره انحناء الأنبوبة • ولهذا السبب يستعمل الجراح أنابيب برسبكس بنور فى أحد أطرافها للكشف علىحلق المريض ، أو أعضاء الجسم الشديدة التعمق فى الداخل• والبرسبكس غير موصل للحرارة أو الكهرباء ، ولذلك فليس هناك خطر فى زيادة سخونته الموضعية • واللدائن البرسبكسية متينة كذلك وغير قابلة للتفتت ، وهى ميزات تجعلها ذات قيمة كبيرة لنوافذ الطائرات وكصفائح مموجة للاضاءة السقفية •

وتباع كثير من اللدائن الراتينجية على هيئة مساحيق للصباغة تصنع عن طريق خلط المادة البلاستيكية بصبغة ومعجون حشو مثل نشارة الخشب ، أو ألياف القطن والكتان المنقوعة أو الاسبستوس • ويدفأ المخلوط حتى يسيل ، ثم ينزلق على دواليب ويبرد ويهرس حتى يصير مسحوقا • وعندئذ يكون معدا لوضعه فى قالب • وبعد ضغط وتسخين لدرجة معينة يتكون جسم صلب متين يتخذ شكل القالب بالضبط • ونجد فى جميع الحالات أن السلسلة الطويلة المتماسكة سويا بواسطة الوصلات الكيماوية هى التى تعطى البلاستيك الخواص الميكانيكية كالصلابة ومقاومة الشد • وتجعله المادة الراتنجية الصلبة المعروفة بمادة الباكليت(١) يحتفظ بشكله بعد التسخين والضغط • وذلك لأن السلاسل الكربونية تنضم الى بعضها ككتلة شديدة التماسك . وفى أنواع البلاستيك الأخرى مثل أنواع المطاط الصناعى الكثيرة العدد ، نجد السلاسل الكربونية أكثر تفككا ، ولذلك فعندما تمتطل المادة فان الجزيئات تفك نفسها وتقع فى اتجاه الشد ، ثم تعود الى حالتها حينما يتوقف التمدد•

وقد أبانت الأدلة المستقاة من تحليل الأشعة السينية أن الألياف الطبيعية مثل الصوف والكتان والحرير تقع جزيئاتها الطويلة ملتصقة بعضها ببعض فى حزم ، أو أيونات غروية كما تسمى • وعلاوة على ذلك

---

(١) سميت باسم مكتشفها ل • هـ • بيكيلاند (١٨٦٣ ـ ١٩٤٤) • وهى راتينج مصنوع من الفينول والفلور مالدهايد • (المترجم) •

وجد أن الحرير الطبيعي الذى تنتجه دودة القز هو بروتين ذو طبيعة تتكون من وحدات فرعية من الذرات تقع فى أيونات غروية تتخذ أطرافها نفس الاتجاه • وكانت المشكلة التى واجهت الكيمائيين الذين كانوا يبحثون عن بديل للحرير تتلخص فى تخليق مادة بتركيب جزئى يشبه تركيب الحرير الطبيعى •

وبعد بحث طويل وجد أن مركب الكربون المتكون من ست مجموعات ميثيلين ومجموعتين من مجموعات الأمين المعروفة باسم سداسى ميثيلين ثنائى الأمين(١) باتحادها مع الحامض الدهنى وازالة الماء وهى عملية تعرف باسم التكثف تعطى مركبا ذا سلسلة طويلة بخواص شديدة الشبه بخواص الحرير • وقد نتج عن حل المشاكل الفنية للغزل والنسيج مادة جديدة ، النيلون ، بمقاومة شد ضعف مقاومة شد الحرير الطبيعى تقريبا، وبمتانة ومرونة لا تتأثر بالرطوبة فعلا • واستخدمت مزايا النيلون هذه فى صناعة الباراشوتات (المظلات الهابطة) وحبال المناطيد ، وفرش الأسنان ، وفى التدريزات الجراحية ، وصنع جوارب الجسمر(٢) •

٦ ـ التليفزيون والرادار

يتميز عصرنا الحديث بالسهولة التى تتم بها الاتصالات دون تدخل بشرى ، والسهولة التى يقف بها جزء من العالم على ما يجرى فى غيره من الأماكن • ان استعادة تسجيل الصوت على فيلم أو تليفزيون ، وكذلك أجهزة الاشارات الأوتوماتيكية فى السكك الحديد الكهربية وفى تنظيمات المرور ظواهر مألوفة لنا فى حياتنا اليومية • ان كل هذه تعتمد على الخلية الضوئية الكهربية التى تسمى ايجازا باسم الخلية الضوئية •

وفى مثل هذه الخلية يتسبب الضوء الساقط على سطح معد اعدادا مناسبا فى انبعاث الكترونات منه تبدو كتيار كهربى • ومن الممكن تحويل أى اهتزاز فى شدة الضوء كالذى قد يتسبب فيه قطار مار ، أو لص يسطو على حجرة ، أو تحرك حزمة من البضائع على سير نقل الى تيار كهربى متغير بواسطة الخلية الضوئية • ويمكن بسهولة جعل هذا التيار يدق جرسا ، أو يحرك أبرة جلفانومتر ، أو يدير أى جهاز اشارة آخر •وعلى ذلك ففوائد الخلية الضوئية متعددة النواحى لا بالنسبة لأجهزة الانذار

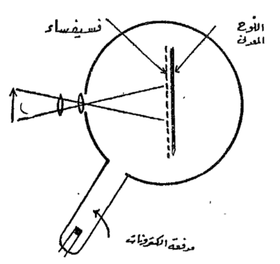
---

(١) أن المادتين ، الحامض الدهنى وسداسى ميثيلين ثنائى الأمين ، اللتين تتكاثفان غالبا ما تنتجان من الفينول الذى يعرف عادة باسم حامض الفينيك ، الذى هو نفسه مشتق من البنزين أحد المنتجات المقطرة من قطران الفحم •

(٢) النسيج الرقيق من الغزية أو الشاش •• (المترجم)

بالسطو أو بحدوث حريق وأجهزة الاشارة الأخرى فحسب ، بل أيضاً كوسيلة من وسائل العد الأوتوماتيكى فى المصانع ، وحتى كوسيلة كشف دقيقة لكمية الهيموجلوبين فى دم الانسان .

ومن الاستعمالات الممتعة للخلية الضوئية الكهربية استعمالها فى التليفزيون الذى تستخدم فيه مئات الآلاف من خلايا أكسيد السيزيوم الدقيقة المترسبة على فضة . وحينما يذاع منظر بالتليفزيون كمنظر ممثلين يقومون بالتمثيل على مسرح ، أو حفلة تحية العلم ، تستعمل آلة تصوير خاصة تتركز بها الصورة لا فى بؤرة على لوحة تصوير أو على فيلم ، بل على ما يسمى فسيفساء مكونة من عناصر سيزيومية تتأثر بالضوء موجودة على أحد أوجه لوحة الميكا . أما الوجه الآخر فمتصل بقطب معدنى بحيث يصبح كل عنصر مكثفا كهربيا صغيرا (شكل٤٢) .



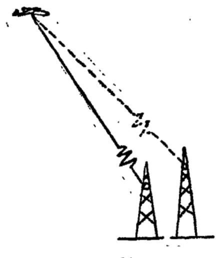
(شكل ٤٢)
رسم كروكى لآلة التصوير التليفزيونى

ويسقط باستمرار أثناء اذاعة المنظر تليفزيونيا ضوء ذو شدة متغيرة على خلايا السيزيوم الصغيرة المختلفة ، التى تنبعث منها حينئذ الكترونات تتناسب مع شدة الضوء الواقع عليها . ويسمح أثناء ذلك لحزمة من الالكترونات بالمرور على الفسيفساء أو مسحها ، وعلى ذلك فهناك سلسلة تغيرات فى الجهد الكهربى للألكترون المعدنى . وتكون هذه التغيرات التى تحدث بسرعة كبيرة اشارة الصورة التى يمكن تكبيرها ونقلها الى جهاز ارسال التليفزيون .

وهناك فى الطرف المستقبل هوائى يلتقط الموجات الكهرومغنطيسية ذات الذبذبة السريعة التى تتكون الاشارة منها ، وينقل الهوائى تلك الموجات على هيئة تيارات مترددة الى أحد ملفى أنبوبة الكاثود أو

الأوسلوجراف(١) كما تدعى • وينبعث من الكاثود الساخن في هـذه الأنبوبة وابل من الالكترونات تضغطها الألواح العاكسة الى حزمة رفيعة جدا موجهة اياها الى أسفل بحيث تقوم مقام مؤشر دقيق • وفي الامكان جعل هذه الحزمة تمسح الطرف البعيد للأنبوبة المغلفة بمادة متوهجة • وتجرى عملية المسح بسرعة حتى أن الحزمة تمسح ٤٠٥ خطا في ١/٢٥ من الثانية • وتتسبب عن الاشارات الصادرة من الهوائي الذي يعلو هـذه الحزم الماسحة بقع دقيقة مختلفة في شدة استضاءتها تصور للنـاظر حركات الممثلين أو الحركات العسكرية أثناء استعراض خيالة الحرس •

ان مسجلة ذبذبات أشعة الكاثود (المهبط) جزء جوهري من أجـزاء جهاز الرادار ، تلك الوسيلة من وسـائل الاتصال التي ابتكرت أثنـاء الحرب العالمية الثانية والتي تتمكن بواسطته محطة أرضية من ارشـاد طائرات القتال الى أهدافها ، ويمكن بواسطته أيضا الكشف عن طائرات العدو على بعد أميال وسط الظلام والسحاب والضباب •



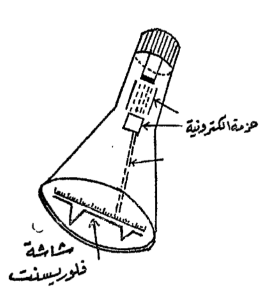
(شكل ٤٣)
صدى الرادار

والمبدأ الأساسي للرادار هو التقاط صدى الموجات اللاسلكية المرتدة من طائرة أو من أرض وجهت هذه الموجات اليها • ويقدر بعد الشيء من الوقت الذي يأخذه الصدى في انتقاله من الجسم الى المشاهد (شكل ٤٣) • ويرجع الالمام بانعكاس الموجات اللاسلكية الى البحث الفيزيائي الأساسي الذي حدث أثناء عشرينيات هذا القرن ، ولكن تصميم الآلات لارسـال حزمة لاسلكية قوية ، والكشف عن الأصداء بالوسائل البصرية تم نتيجة لطلبات الحرب الملحة •

---

(١) أو المسجلة ، وتستعمل في تسجيل ذبذبة التيار (المترجم) •

وفى هذا الموضوع موضوع تسجيل الصدى وتمكين المشاهد من قراءة مقدار المسافة بينه وبين الشىء العاكس على مقياس ، برهنت مسجلة أشعة الكاثود للتذبذبات أنها ذات قيمة كبيرة • وتتحرك هذه الالكترونات الرفيعة الصادرة من المسجلة بانتظام عبر شاشة الفلوريسنت كما يحدث فى جهاز الاستقبال التليفزيونى • ومع ذلك ففى جهاز الرادار ينظم التوقيت بحيث يكون هناك خط مشاهد على شاشة الفلوريسنت ، وفى نفس الوقت يجعل التلامس الكهربى الذى يتسبب فى تحرك الحزمة الاكترونية جهاز الارسال يرسل نبضة من الموجات اللاسلكية ، ويظهر هذا بوضوح فى التواء فى خط الفلوريسنت • وتذهب النبضة بالطبع الى الفضاء ، واذا قابلت طائرة أو اى جسم آخر اعترضها ، يرتد صداها وترى كالتواء أو اعوجاج فى الخط • وتعتبر المسافة بين الالتوائين مقياسا للوقت الذى تأخذه النبضة فى الانتقال الى الطائرة وارتدادها ثانية • وعلى ذلك تتناسب مع المسافة بين الطائرة وجهاز ارسال الرادار • ولا يتكلف المشاهد سوى قراءة المسافة على مقاييس أمامه (شكل ٤٤) •



(شكل ٤٤)
رسم كروكى لمسجلة اشعة الهبط للتذبذبات

وما الصدى اللاسلكى الا جزء بسيط جدا من الطاقة الكهرو مغنطيسية الساقطة على الطائرة أو على أى جسم آخر يعترضها ، وهذه الطاقة كذلك ما هى الا جزء صغير من مجموع الطاقة التى يرسلها جهاز الارسال • لذلك كانت مشكلتنا تنحصر فى تصميم جهاز استقبال حساس جدا بدرجة تجعله يستجيب لأى دافع • وكانت المشكلة الأخرى هى صنع جهاز ارسال ذى أبعاد مناسبة يرسل حزمة ذات ذبذبة عالية ، وتكون بذلك ذات موجات

قصيرة • وقد أدت الأبحاث الدقيقة والمهارة الفنية الى انتاج جهاز ارسال المغنطرون ـ يصدر موجات طولها أقل من عشرة سنتيمترات ، وحزمة يمكن تركيزها فى بؤرة بعيدة عن الأرض ، ولذلك تكون قادرة على الكشف عن أية طائرات تطير على ارتفاع منخفض •

ويشير هذا الايضاح الشديد الايجاز الى ما يعرف الآن باسم الرادار الابتدائى ـ أى الصدى اللاسلكى من جسم لا يرسل اشعاعا من تلقاء ذاته ـ وفى خلال الأعوام الحديثة أثار نجاح الرادار الثانوى اهتماما بالغا ، ذلك الرادار الذى يوجد فيه ارسال مستقل عن الجسم بحيث يتميز الصدى بميزات جديدة تمكننا من التعرف على المصدر • وعلى ذلك فهناك فى ميرسيسيپه اليوم رادار ثانوى يعطى بواسطة جهاز ارسال تليفون لا سلكى معلومات دقيقة لأية سفينة عن موقع أية سفينة أخرى أو أية صوة(١) بحرية (شمندورة) فى بحر المانش كله ، وبذلك توفر انتظار أيام كثيرة وسط الظلام وضباب البحر • وما هذه الا احدى استعمالات الرادار الذى تعد استعمالاته الآن من المستلزمات العادية لجميع أنواع الملاحة البحرية والجوية •

٧ ـ الطاقة الذرية

كان الانسان فى الواقع يستعمل الطاقة الذرية منذ أن تعلم كيف يوقد النار • وترجع الطاقة الحرارية لوقود مشتعل الى تفاعل كيماوى بين الكربون وأيدروجين الخشب أو الفحم وأوكسجين الهواء • وتؤثر تغيرات الطاقة هذه التى تتضمن اعادة خلط الذرات فى طبقات الاكترونات المكونة للأجزاء الخارجية للذرة فقط • ومن المعتاد قصر لفظ الطاقة الذرية على تلك القوة الهائلة المنطلقة حينما تحدث التغيرات فى النواة الداخلية للذرة • وهذه الطاقة النووية هى المستعملة فى القنبلة الذرية التى قد تزود الانسان لو كان حكيما بمصدر جديد من مصادر القوة للأغراض السليمة •

وتتكون نواة الذرة من بروتينات تحمل شحنة موجبة ، ونيوترونات لا تحمل شحنة اطلاقا • والاستثناء الوحيد هو الأيدروجين العادى الذى تتكون نواته من بروتون واحد• وعدد البروتونات فى ذرة الأكسيجين ٨ وفى ذرة الكربون ٦ وفى ذرة الفضة ٤٧ وفى اليورانيوم ٩٢ • ويتقرر نوع النظير الخاص بكل مادة حسب عدد النيوترونات ، مثلا يكون ٦٠ نيوترون و ٤٧ بروتون نظير الفضة ذات الوزن الذرى ١٠٧ ، بينما يكون ٦٢ نيوترون و ٤٧ بروتون النظير ذا الوزن الذرى ١٠٩ • ولعنصر

---

(١) معلم عائم فى البحر لارشاد السفن (المترجم) •

اليورانيوم نظيران رئيسيان ذوا وزن ذرى ٢٣٥ ، ٢٣٨ . وحيث أن عدد البروتينات هو ٩٢ ، فيجب أن تحتوى النظائر على ١٤٣ و ١٤٦ نيوترون بالتوالى .

وفى عام ١٩٣٨ اكتشف أنه حينما يتعرض نظير اليورانيوم ٢٣٥ الى هجوم من نيوترونات سريعة الحركة ، ينتج عن ذلك نظير عنصر الباريوم الذى يقرب وزنه الذرى من نصف وزن نظير اليورانيوم . وكانت هذه نتيجة مدهشة ، لأن ذلك كان معناه أن ذرة اليورانيوم قد انفلقت الى جزأين . وقد وجد أن الطاقة الناتجة عن هذا الانفلاق أو الانشطار تظهر على شكل سرعة عالية هائلة للجزأين . وسرعان ما أدرك رجال العلم فى العالم أن الانشطار النووى قد يمدنا بمصدر طاقة على مدى هائل ضخم ، على شرط ايجاد الوسائل لانشطار عدد كاف من ذرات اليورانيـــوم فى تتابع سريع .

ويتلخص الحل فى ايجاد مناسب لكتلة اليورانيوم ، اذ تحقق انطلاق سراح النيوترونات عند انشطار ذرة اليورانيوم الى جزأين ، وأن هذه النيوترونات بدورها فى إمكانها احداث انشطار فى ذرات يورنيوم أخرى مكونة بذلك ما يعرف باسم التفاعل التسلسلى . ويقال لكتلة اليورانيوم التى تحدث فيها مثل هذه العملية المتسلسلة أنها ذات حجم حرج . وقد تحقق أنه لا يمكن أن يتم انتشار قطعتين كل منهما أقل من الحجم الحرج . ولكن فى اللحظة التى تنضم فيها الكتلتان بعضهما الى بعض ، فان الكتلة الناتجة منهما تزيد عن الحجم الحرج وينتج عن التفـاعل التسلسلى السريع انفجار يسبب انبعاث جسيمات ذات سرعة عالية وتوليد درجة حرارة عالية بدرجة لا تصدق .

وكانت مثل هذه الاعتبارات معلومة بدرجة كافية لعلماء الفيزياء عند نشوب الحرب العالمية الثانية ولكن كانت كمية اليورانيوم ٢٣٥ الميسورة حتى ذلك الوقت جـــزءا من الميجـرام (١) وذلك فعلى الرغم من أن انطلاق الطاقة الذرية كان وشيكا ، الا أن الوسائل التى كان يمكن أن يتحقق بها هذا الانطلاق والتحكم فيه كانت ما زالت مشاكل لم تحل .

ان قصة العمل الجماعى الذى تضافرت فيه جهود علماء الفيزيـــاء البريطانيين والأوروبيين والأمريكيين قد ذكرت فى التقارير الرســـمية(٢)

---

(١) جزء من ألف من الجرام .   (المترجم)

(٢) الطاقة الذرية : القصة العامة لتطور طرق استعمال الطاقة الذرية للأغراض الحربية تحت رعاية حكومة الولايات المتحدة (المطبعة الاميرية الملكية ، لنـــدن ، ١٩٤٥ ، الثمن شلنان و ٦ بنس) .

ولقد سردت الصحافة اليومية قصة تسخير الموارد الأمريكية ، وبناء مصانع هائلة فى كليفتون فى وادى التنيسى لانتاج اليورانيوم ٢٣٥ بكميات ملائمة . وقد أثار تدمير هيروشيما ، ونجازاكى الدهشة والرعب (١) ، كما ترك هذا التدمير وراءه عالما مضطربا أحاطت فيه الدول العظمى أسرارها بجو من الكتمان الشديد ، وأخذت تنظر الى بعضها البعض بعدواة مقنعة ، وعدم ثقة عميقة .

أما من جهة كون القنابل الذرية الأولى نشأت نتيجة للبحث الأساسى الذى تم بهدف تقدم العلم دون هدف آخر ، فلم يكن فى الاستطاعة قصر الأبحاث على أرض معينة . ولذلك تسربت فى السنين التى تلت الحرب مباشرة أنباء فحواها أنه قد يكون هناك مصدر آخر لقوة هائلة ناشئة لا عن انفلاق أو انشطار الذرة بل عن تكوين الذرة أو اندماجها . وقدأدرك رجال العلم من معلوماتهم عن بناء الذرة أنه لو أمكن تكوين الهليوم من العنصر الأخف الأيدروجين فان ذلك ينتج طاقة هائلة . وقد عرف حقا أن التحول من الأيدروجين الى الهليوم قد ينتج عنه افتقاد كتلة قد يظهر على شكل حرارة . ويمكن تعليل هذا التكافؤ بنظرية النسبية لانشتين التى أشرنا اليها بايجاز شديد فى الفصل الثالث عشر . وعلاوة على ذلك فقد كان لدى علماء الفيزياء مبرر للاعتقاد أنه يوجد فى الحقيقة فى ظروف درجة الحرارة والضغط العاليين الموجودة داخل الشمس تكوين مستمر للهيلوم من الأيدروجين وانبعاث طاقة حرارية . ولذلك فجنبا الى جنب مع التنبؤات القائمة عن القوى التدميرية للقنبلة الأيدروجينية وجد الأمل أنه ما زال لدى الانسان وسيلة أخرى لاطلاق القوى الذرية والسيطرة على القوى الطبيعية الى مدى لم تصل اليه أحلامه حتى الآن .

وعلى الرغم من ذلك فان الأبحاث العاجلة التى تمت خلال الأعوام التى أعقبت الحرب ، بينما كانت الأمم تختزن القنابل بكميات هائلة وتتحدث عن السلم ، كانت موجهة صوب استخدام التفاعلات الناتجة لا عن الالتحام بل عن الانشطار . وهناك فى بريطانيا العظمى كما فى كل البلاد الصناعية حاجة صارخة لقوة متزايدة وعلى الأخص لطاقة كهربية ميسورة بدرجة أكثر سهولة . وتستعمل الآن محطات توليد الكهرباء العادية فى بريطانيا العظمى الفحم أو البترول كوقود ، وتحول غازات الأفران الحارة الماء الى بخار ذى ضغط عال لادارة توربين المولد الكهربى . والهدف المباشر من استعمال الطاقة الذرية فى بلاد تعانى نقصا فى

---

(١) أنظر كتاب آثار القنبلة الذرية على هيروشيما ونجازاكى (اخراج المطبعة الأميرية الملكية ، لندن ، ١٩٤٦ ، وثمنه شلن وبنسان) .

كميات الفحم والبترول هو استخدام درجة الحرارة العالية الناتجة عن انشطار اليورانيوم فى توليد بخار للمولدات الكهربية .

وقد تطلب هذا البحث تجارب كثيرة وجهودا شاقة من علماء الفيزياء والكيمياء ، والمهندسين المدنيين ، ورجال الطب . وقد استعمل اليورانيوم الطبيعى دون العزل الابتدائى لنظير اليورانيوم ٢٣٥ فى بعض المحاولات الأولى لتسخير الطاقة الذرية . أولجت قضبان من اليورانيوم فى كتلة من الجرافيت النقى يحتويها ما يسمى مفاعل بطىء أو (عمود) وكانت القضبان تحتوى بالطبع على نظير اليورانيوم ٢٣٨ الموجود بكثرة مع اليورانيوم النادر ٢٣٥ . واستخدم الجرافيت لابطاء سرعة النيوترونات لمدى يجعلها لا تمتص بواسطة ذرات اليورانيوم ٢٣٨ ، ولكن بواسطة اليورانيوم٢٣٥ المنشطر فقط ، وتظهر الطاقة المتولدة عنه فى كتلة الجرافيت . وكان لزاما ايجاد طرق للسيطرة على انشطار اليورانيوم ، ولانزال درجات الحرارة العالية الى مستوى سلس لتكوين البخار .

ولقد صادف هذا الكفاح الذى ظل أعواما نجاحا تمثل فى افتتاح صاحبة الجلالة فى ١٧ من أكتوبر ١٩٥٦ أول محطة نووية فى العالم لتوليد الكهرباء على نطاق تام . وتدعى هذه المحطة محطة كولدر هول فى منطقة البحيرات . وفى يوم الافتتاح الذى لا ينسى غذيت الشبكة بالطاقة الكهربية ، وبذلك بدأ عصر جديد فى استخدام القوة .

وكانت تتكون محطة توليد الكهرباء ، كولدر هول ، فى سنة ١٩٥٦ من مفاعلين نوويين يديران أربعة توربينات بخارية . وكان هناك وعاء ضغط قطره ٤٠ قدما تقريبا يحتوى على ألف طن من قضبان الجرافيت كملطفات . وكان قلب الجرافيت هذا به دوائر نقل كهربية رأسية من الممكن ايلاج قضبان اليورانيوم فيها . وكانت الحرارة المتولدة من الانشطار يبطل تأثيرها بواسطة غاز ثانى أكسيد الكربون تحت ضغط يعادل الضغط الجوى سبع مرات تقريبا . وكان ثانى أكسيد الكربون الساخن المار خلال مبادلات حرارية ينتج بخارا طبقا للضغط المطلوب . وكان من الضرورى اتخاذ احتياطات مناسبة ضد الأخطار الناتجة عن التلوث بالمواد الاشعاعية . وأحيطت مصادر الاشعاع كلها بواسطة جدران مسلحة سميكة ، واتخذت الحيطة لعدم القاء المنتجات المهملة من المفاعل بطريقة تعرض الحياة البشرية للخطر .

وهناك مفاعل انشطار آخر قائم فى دورنراى فى اسكتلندا . ويسمى هذا عمودا مولدا . وهو يستعمل الثوريوم ، ويقوم بانتاج مزيد من المادة النووية أثناء تشغيله . ويمهد مثل هذا المفاعل الطريق بدرجة كبيرة لانتاج القوة النووية فى المستقبل بتكاليف أقل .

ومنذ أن بدأت كولدر هول ، ودورنراى ، وغيرها من المشروعات نشطت الأبحاث التى جرت تحت رعاية مؤسسة أبحاث الطاقة الذرية فى هارويل ، ومؤسسة المملكة المتحدة للطاقة الذرية نشاطا كبيرا • وقد امتدت النتائج التى توصل اليها الى ميدان الطب عن طريق ازدياد استعمال النظائر المشعة ، والى الزراعة عن طريق الأبحاث التى أجريت فى فسيولوجيا النباتات • ومع ذلك فربما كان أعظم حدث درامى أثار الاهتمام العام هو ما أعلن عام ١٩٥٨ من أن التفاعلات الناتجة عن اندماج الذرات من المحتمل أنها قد تمت لأول مرة بحالة يمكن التحكم فيها ،وأن درجات الحرارة التى حصل عليها تتساوى مع درجات حرارة الشمس •

وحدث الاندماج المطلوب بين نويات نظير الأيدروجين ، ديوتريوم ، الموضوع فى أنبوبة تفريغ ضخمة حلقية الشكل تكون جزءا من جهاز هندسى معقد فى هارويل يعرف باسم زيتا أو مجمع انعدام الطاقةالنووية الحرارية • وأول صعوبة كان من الضرورى التغلب عليها فى زيتا كانت ناتجة من أن نويات الذرة المحاطة بشحنة موجبة تنفر من بعضها البعض كما تفعل الشحنات المتماثلة دائما • ولذلك كان من الضرورى تزويد النويات الذرية بسرعة عظيمة جدا ـ أى درجة حرارة عالية تبلغ حوالى مليون درجة ـ لاندماج نويات الديوتيريوم •.ولجعل الغازات فى مثل هذه الدرجة من الحرارة فى حالة تركيز كاف كان من الضرورى استعمال مجالات مغنطية قوية ، والاحتفاظ بهذه الحالة مدة كافية لاحداثالاندماج•

وفى مجمع انعدام الطاقة النووية كانت درجة الحرارة العالية الضرورية تستغرق أجزاء الألف من الثانية فقط على فترات زمنية يبلغ طول كل منها عشر ثوانى ، ولا يعرف على وجه التحديد هل كان يحدث الاندماج أم لا • ومع ذلك فان هذا النوع من الأجهزة يبدو أنه يبشر بوسيلة جليلة الشأن للحصول على الطاقة من أكثر المصادر جميعا وفرة للايدروجين الثقيل أو الديوتيريوم ألا وهو البحر • ويبدو مثل هذا الأمل كأنه حصول على شىء دون مقابل ، حيث أن المحيطات فى استطاعتها امدادنا بمصدر وقود لا ينفذ تقريبا • وقد افترض فى الحقيقة أن الاندماج النووى قد يمكن الانسان من نبذ الوسائل الحالية القاصرة لتوليد البخار واستعمال التوربينات والمولدات ، وأنه سيأتى يوم نجعل فيه جردلا مملوءا بالماء يمد بيتا صغيرا بالحرارة طيلة شهور الشتاء • ولكن هذا لن يكون الا بعد مضى وقت طويل من الآن • ومن المحتمل أن تعمل المعامل سنين عديدة فى حل مشاكل التفاعلات الاندماجية قبل أن تستعمل فى الصناعة •

ومع ذلك فالشغف العلمى المباشر المجرد شديد ، ففى مؤتمر جنيف قدم علماء الفيزياء من الأمم الممثلة ما يقرب من ألفى بحث فى خريف عام

١٩٥٨ • ولقد كشف النقاب عن كثير من الطرق المختلفة لمعالجة مشاكل الاندماج النووى • وقد أطلع الروسيون المؤتمر على نموذج لآلتهم أوجرا التى تطبق مبدأ مرآويا تعكس بمقتضاه جسيمات فى درجة حرارة عالية محفوظة فى مجال مغنطيسى حينما تنتقـــل الى مجال مغنطيسى أقوى • ويستعمل الجهـــاز الأمريكى المكافىء لهذه فى أوك بريدج المبدأ المرآوى أيضا • وهناك جهـــاز اندماج أمريكى آخر ، جهاز ستيلاريتور يحتفظ بالغاز فى مجال مغنطيسى ، ثم يسخنه بواسطة تفريغات كهربية وكذلك بواسطة تفاعل مغنطى • وتتبع جماعات الباحثين فى بريطانيـــا العظمى وغيرها من البلاد طرقا خاصة فى البحث وهناك نتائج جديدة متوقعة من يوم ليوم •

الفصل الخامس عشر

العلم والصحة

١ ـ أرض لزراعة احتياجات العالم من حاصلات

ان الصحافة والاذاعة تذكرنا اليوم باستمرار بأن عدد سكان العالم يزداد بمعدل عشرين مليونا فى السنة ، وأنه لن يكون هناك فى القريب العاجل من الطعام ما يكفيهم • ان المستقبل لا يبشر بخير • ولقد ظل سكان البلاد الكثيفة السكان زمنا طويلا يسدون النقص فى الحاصلات الغذائية التى تنمو محليا باستيراد تموينات من بلاد أخرى ، ولكن مثل تلك الموارد ليست بعيدة عن أن تستنفد ، وستزداد حاجة الفلاح الى المعونة العلمية باطراد •

هيا بنا نلقى نظرة عابرة على ما تم فعلا • ان مصدر المعونة ثلاث جهات رئيسية : الكيمياء التطبيقية التى تمد الفلاح بأسمدة للتربة وبمزيلات للأعشاب ومبيدات للحشرات ، والوسائل الآلية التى يدخل الانسان تحسينات عليها فى شكل جرارات وآلات حصاد ، والأبحاث التى تجرى فى تربية النباتات ورعاية الحيوانات •

وقد زاد فلاحو غرب أوربا منذ العقود الوسطى للقرن الماضى ما تنتجه أرضهم من محاصيل باضافة نترات الصودا وسلفات النشادر الى التربة • وكانت الرواسب الطبيعية للنترات الموجودة فى شيلى والتى كانت تنقل على ظهور السفن الى بريطانيا العظمى المصدر الرئيسى فيما مضى لتزويد الأرض بالأسمدة فى هذا البلد • ولكن الكيمائيين الآن قد أبانوا كيف يمكن تخليق النشادر من أيدروجين ونتروجين الهواء النقيين • وعلى الرغم من أنه من الضرورى الحصول على النتروجين بطريقة تبخير الهواء السائل الملتوية والحصول على الأيدروجين بتحليل الماء كهربيا ، الا أن التقدم فى التكنولوجيا جعل مثل هذه العمليات أمرا عمليات على نطاق واسع ، وأصبح المعين الذى يستمد منه الآن النشادر بصفته أساس صناعة الأسمدة الآزوتية مؤكدا . ولا ينتج الانسان الآن هذه المغذيات الرئيسية للنبات فحسب ، بل ينتج أيضا الكميات الصغيرة من المركبات

التى تمدنا بما يسمى المغذيات الدقيقة على شكل مواد ارش المحاصيل ، بينما قام علماء النبات بتقدير الكميات المثلى التى يجب استعمالها فى أنواع معينة من التربة •

وعلى ذلك فبينما يقوم الكيمائى الزراعى بمد النبات بالمواد الغذائية اللازمة ، فان عالم الوراثة يحاول تطبيق المبادىء المعروفة فى التهجين ، وذلك لايجاد نبات جيد متين من الطراز الأول • وقد وضعت تجارب مندل فى تهجين البسلة القصيرة والبسلة الطويلة أسس الدراسات المفصلة الحالية فى الوراثة ، تلك الدراسات التى يمكن بواسطتها امداد الزراع بأنواع قوية من القمح والشعير التى تجمع بين أجود صفات الحبة البريطانية والأوروبية • ويمكن لعالم الوراثة أيضا أن ينبت أنواعا من القمح تقاوم الصدأ وتنضج بسرعة ، وأنواعا أخرى ذات سيقان قصيرة تقاوم الجفاف والصقيع •

ولكن مهما كان من جودة نوع الحبوب فان المزارع فى صراع دائم ضد الأمراض التى تسببها الفطريات ، وضد الحشرات والأعشاب • وقد خفف من الجهد الذى يبذله فى اجتثاث الأعشاب استعماله سلاح محراث مصمم تصميما خاصا يتعمق الى درجة تكفى لتفتيت التربة وتغطية الأعشاب والدريس فى الوقت نفسه • وهناك وسائل أخرى لمحاربة الأعشاب عن طريق استعمال مركبات لقتلها أو ايقاف نموها بحيث لا تكون مؤذية اطلاقا للمحصول الرئيسى • وهذه المركبات المنتقاة التى تعرف باسم قاتلات الأعشاب تشمل الميثوكسون وهو مشتق من حمض الخليك الذى أبان علماء فسيولوجيا النبات أنه يعوق نمو الأعشاب العادية التى تنبت وسط حقول القمح • ويهتم الناس بالميثوكسون اهتماما خاصا ، اذ يمكن تصنيعه فى معمل الكيمائى ، ومع ذلك فهو مطابق تماما للهرمون المنظم للنمو الطبيعى الذى يقرر سرعة نمو النبات • وقد زودت أبحاث كيماوية أخرى المزارعين بمركب د•د•ت(١) المشهور والجاميكسين(٢) اللذين ثبت مفعولهما ضد خنفسة الكلورادو ، وآفات حشرية أخرى .

ولكن على الرغم من اضافة الانسان موادا مغذية الى التربة ، وعلى الرغم من قضائه على كثير من الآفات التى تنقض على محاصيله ،فالواجب أولا ان تكون لديه أرض كافية • ومع ذلك ففى أنحاء العالم كله يجرف البحر التربة ، أو تعريها الرياح حاملة اياها الى مكان بعيد • وتحدث هذه التعرية كما تسمى ببطء شديد لدرجة أن التلف نادرا ما يلاحظ حينما تهوى صخرة عالية الى البحر الا فى الأقاليم الساحلية •

---

(١) د . د . ت هو الاسم الموجز لديكلورو ـ ديفيلين ـ ترايكلورئين ـ أحد مشتقات البنزين •

(٢) الجاميكسين هو الاسم التجارى لمتشابه سداسى كلوريد البنزين الجيمى •

ان أضمن وقاية للتربة ضد التعرية هى النباتات النامية ، وذلك لأن الجذور تمسك بالتربة ، وتقيها الأوراق المطر والريح • اذن فالاحتفاظ بزراعة مستقرة هى احدى الطرق لتجنب التعرية • ان النباتات من شأنها حفظ التربة الخصبة ، ولكن عند فقد التربة العليا فان المطر يزيل الطبقات السفلى بسهولة وتتعرى المناطق المتآكلة • ولذلك فحينما بدأت الولايات المتحدة فى محاربة التعرية فى طول البلاد وعرضها ، كان الهدف الأول لها منع جرف التربة العليا • وتم الكثير فى هذا الشأن عن طريق جعل الأرض على شكل مصاطب متدرجة طبقا لخطوط المحاذاة الطبيعية • وقد أفادت مثل هذه الاجراءات فقط عند اتخاذها فى مساحات واسعة بطريقة مخططة •

ومع ذلك فما زالت هناك أمامنا مشاكل كبيرة • فمن المقرر أنه حتى فى دنيانا الحالية المزدحمة ما زال يوجد هناك لكل فرد من السكان خمسة أفدنة من الأرض صالحة لانتاج الغذاء • ومع ذلك فالمنزرعة الآن فدان ونصف لكل نفس • ولذلك فالمسألة العاجلة فيما يختص بسكان العالم الآخذين فى الازدياد هى كيف يمكن الاستفادة بالثلاثة أفدنة ونصف الباقية لكل رأس ؟ وتقوم الآن محاولات لتحويل الأرض المهملة الى مناطق رعى جيدة بادخال حشائش تقاوم الجفاف من استراليا وجنوب أفريقيا الى المناطق التى لا يوجد فيها مورد ماء طبيعى كاف • ولكن الاستفادة من المسافات الهائلة من الأرض غير المستعملة فى المناطق الاستوائية الرطبة مازالت مشكلة لم تحل •

٢ ــ موارد الطعام

لقد تعرضنا حتى الآن الى بعض الطرق التى يساعد العلم بها على زراعة كميات أكثر من المواد الغذائية • ان انتاج هذه المواد لم يزدد فحسب ، بل ان طرقا أفضل تبتكر الآن لحفظ هذه المواد ، ففى مخازن البضائع وعنابر السفن تقى الوسائل الكيماوية للتحكم فى الآفات شحنات هائلة من البضائع ، كما تمكن الطرق الدقيقة للتبريد السريع وما يتبع ذلك من تجفيف فى فراغ عال تلك الأطعمة كاللحم وعصارات الفاكهة من الاحتفاظ بها فى حالة طازجة مددا طويلة • ومع ذلك فربما كان الأمر الأجدر بالملاحظة هى الطرق التى يساعد بها العلم على زيادة المواد الغذائية بطريقة غير مباشرة ، وذلك بتوفير علف للماشية من القش صالح للطعام ، وطعام للانسان من مواد لم تمس للآن • ويكفى أن نضرب مثلا واحدا لذلك سنتحدث عنه الا وهو المارجارين ذلك الطعام المفيد على الرغم من عدم استساغته البالغة •

ويتوقف هذا الناتج على مهارة الكيماوى في تجميد الدهن السائل الذى يتكون منه زيت الحوت ، وجعله بذلك صالحا للأكل • وتعرف هذه العمليـــة بعملية الأدرجة(١) • ويمرر الايدروجـــين فى زيت الحـــوت المضغوط بغير تطهير مبدئى مع وجود مؤشر لمس مصنوع من النيكل . وحينئذ يحدث تغير كيماوى ويصير الزيت ذا صلاحية شديدة .ثم بعد ذلك تمخض فيه دهون مشتقة من مصادر نباتية مثل فول الصويا ، والبطاطة وجوز الهند ، بالاضافة الى الكميات اللازمة من فتيامين د • ويضاف الى ذلك لبن ومركبات معينة تحفظ الماء فى حالة تشتت دقيق • وأخيرا تضاف احدى المكونات المعطرة للزبدة الطبيعية ـ الدياسيتيل ـ مع ملح ثم يعبأ الناتج النهائى تعبئة تراعى فيها القواعد الصحية بواسطة الوســـائل الميكانيكية ، ويباع فى عبوات أنيقة بثمن قدره نصف جنيه لكل منها •

ومن الوسائل الهامة لزيادة التموينات الغذائية تجنب التبذير لا فى المواد ذاتها فحسب ، بل أيضا فى مـــكونات المواد التى تجعل لها قيمة غذائية • ويتمثل هذا فى العناية التى تبذل فى المراحل كلها ابتداء من غرس حبة القمح الى رغيف العيش فى المخبز • لابد أولا من تسخين الحب بحرص شديد اذا لم تكن قد جففته الشمس والهواء ، ثم يجب الاحتفاظ بالمكونات الغذائية الهامة للحب أثناء طحنه لا أن تهمل • ويجب اضافة أملاح الكالسيوم ، والفيتامينات الضرورية • وفى النهاية تضاف مادة ضد التعفن لضمان احتفاظ الخبز بطزاجته •

ان العلم بالكمياء والتغذية الذى تقوم الصناعة الحديثة للدقيق العادى وللمارجارين عليه قد يكون ذا أثر فى نفوس جمهرة الناس الذين يشتهرون من حيث أذواقهم بالمحافظة الى درجة غير حميدة ، والذين يرتابون ارتيابا شديدا فى العبث بطعامهم • ومع ذلك فلمحة عابرة الى التاريخ قد تعيد الطمأنينة الى نفوسهم ، اذ كان غش الطعام فى وقت ما أمرا مألوفا (٢) وقد تغلب الناس على هذا ببطء عن طريق التشريع فحسب • وتتخـــذ الاحتياطات اللازمة فى الوقت الحاضر فى بريطانيا العظمى وغيرهـــا من البلاد الصناعية الأخرى ضد الغش وضد تلوث الطعام بالجملة •

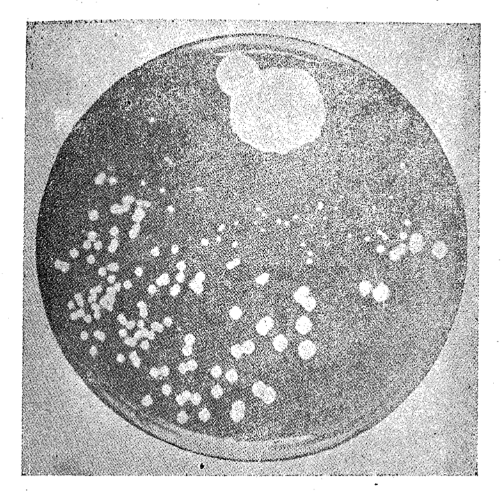
وتستعمل الآن طرق أحدث للمحافظة على الطعام • والهدف من هذا هو التخلص من التلوث عند المنبع بمهاجمة تلك الكائنات الحية المجهرية مثل الخمائر والعفن والبكتريا التى تسبب تحلل الطعام • ومن المعروف

---

(١) الاتحاد أو المزج بالأيدروجين أو المعالجة به • (المترجم)

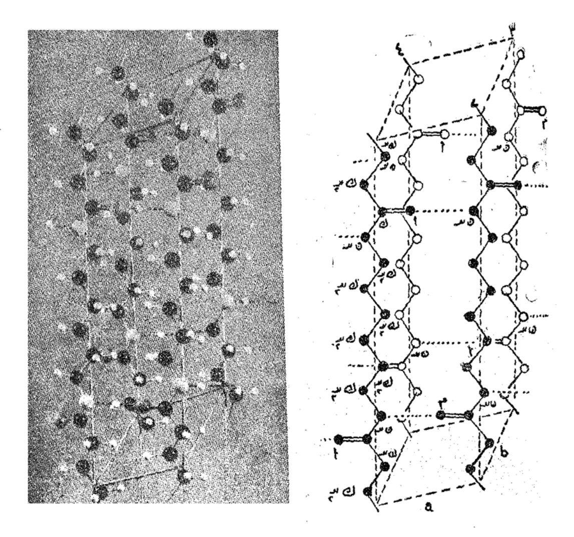
(٢) كان الدقيق فى أواخر القرن الثامن عشر وأوائل التاسع عشر يغش بالشـــب ، والطباشير وفتات العظام ، وحتى احيانا بالرصاص الأبيض •

لوحة رقم ٢٩



طبق الزرع الأصلى الذى شوهد عليه أثر البنسلين
يمثل مستعمرة بنسيليام نوتيتم ملوثة ، بكتيريا سبحية متحللة ، مستعمرة بكتيريا سبحية عادية ·

لوحة رقم ٣٠



نموذج للنيلون البلورى

تتركب البوليمارات من جزيئات سلسلية طويلة تتكون من تكرار منتظم لوحدة تكوينية بسيطة . وفى نيلون ــ ٦ تتخذ هذه الوحدة الصيغة الكيماوية الآتية ن يد (ك يد ٢)ك ه أ . حيث يرمز للأيدروجين برمز يد ، وللنتروجين بحرف ن والأكسوجين بحرف أ وفى المادة المستعملة لانتاج الألياف تتحد ١٠٠ أو أكثر من هذه الوحدات بعضها مع بعض لتكوين الجــزيئات الفعليــة .

والصورة صورة لنموذج يبين ترتيب الذرات . والوصلات الطويلة أى ــ المسافات بين مراكز الذرات المتحدة كيماويا ــ والزوايا بين الوصلات المختلفة مرسومة طبقا لمقياس مضبوط ، ولكن أحجام الكرات لاتمثل الاحجام الحقيقية للذرات ويشير الرسم البيــانى المرافق للنمــوذج .

أن الأشعة السينية وأشعة جاما والحزم الأكترونية تسبب ضمور الخلايا الحية ، وتؤدى أحيانا الى نتائج مدمرة تهدد الحياة البشرية · ومن جهة أخرى قد توقف جرعات محددة من مثل تلك الاشعاعات نمو الـــكائنات الحية الدقيقة ، ومع ذلك تترك الطعام فى حالة صالحة للاستهلاك البشرى ·

ولكن الأمر في حاجة الى كثير من الأبحاث ، وذلك لأنه حتى ولو صار الطعام نفسه غير مشبع ، فانه قـــد يكون قد اكتسب مذاقا أو رائحة غـــير مستساغة بدرجة بسيطة أثناء عملية التعرض للأشعة · واذا كان الأمر كذلك ، فمهمـــا كان من طول المدة التي قـــد تبقاها شريحة لحم فى حالة طازجة بالمعنى البـــكتريولوجى ، فقـــد ترفض ربة البيت شراءها · اذن فالأمر في حاجة أيضا الى أبحاث فنية لايجاد طرق للتعرض للأشعة رخيصة بدرجة تكفى لجعل الشركات التجارية تتعهد هذه المهمة · ويبدو أن أحسن مجال مبشر بالخير هو معالجة الحبوب والبطاطس فى مخازنها ، اذ وجد أن الجرعات الضعيفة من التعرض للأشعة تمنع تناسل الخنافس التى تهاجم مخازن الحبوب ، وتخمد كذلك مفعول البراعم النابتة فى درنة البطاطس · ويمكن بهذه الطريقة الاحتفاظ بطعام قيم بواسطة طريقة لا تبذير فيها ·

ان أمامنا الكثير مما يجب علينا عمله لتوفير المواد الغذائية لســـكان البلاد الصناعية الآخـــذين فى الازدياد · لقد انقضت من عهـــد بعيد تلك الأيام التى كان يستطيع فيها كاتب من كتاب القرن الثامن عشر أن يقول : ان خبزى حلو ومغذ ، مصنوع من قمحى الخاص ومطحون فى طاحونتى الخاصة ومخبوز فى فرنى الخاص ، ولحوم صيدى طازجة من الأجمات ، وأسماك السلمون والاطروط قادمة تتلوى من الجدول · ولـــكن ولو أن الطعام اليوم غالبا ما يعلب ، ويبرد ويجمد أو حتى يتعرض للأشعة ، فان نسبة أكبر بكثير من السكان تجد أنواعا متباينة من الطعام أكثر مما كان ذلك ممكنا فى الأيام السابقة للعصر الصناعى ·

٣ ـ تقدم الصحة العامة

من المحقق الآن أن الناس فى البلاد المتصنعة أحسن صـــحة وأطول عمرا مما كانوا عليه حتى منذ خمسين عاما · وتثير الأرقام المستقاة من انجلترا وويلز الدهشة التامة فقد كان معدل وفيات الأطفال أثناء سنى ١٩٠١ ـ ١٩٠٥ ، ١٣٨ فى كل ألف من المولودين أحياء ، وبلغت هـــذه النسبة فى ١٩٤٨ ـ ٣٤ · وفى الخمسين سنة الأخيرة هبطت نسبة الوفيات الناتجة من الحميات الرئيسية والأمراض المعدية مثل التيفوس ، والتيفود والجدرى ، والحمى القرمزية ، والكوليرا ، والسعال الديكى ، والدفتريا

بنسبة ٩٤٪ ، وهبطت نسبة الوفاة بالسل ٧٤٪(١) . وهذا التحسن العظيم فى الصحة الذى لم يكن يرجع فحسب الى نواحى التقدم فى العلاج بل كان يرجع أيضا الى ازالة الأحياء القذرة ، وتحسين الأسكان ، وتوفير طعام أفضل ورعاية صحية أكثر كفاءة وامدادات مائية أكثر وفرة ونظافة ، وأجور أعلى ، وأحوال عمل تتوفر فيها ظروف صحية أفضل .

والتقدم فى الأمور الصحية العامة فى بريطانيا العظمى مدين بدرجة كبيرة لحماس المصلحين من أمثال تشادويك (١٨٠٠ ــ ١٨٩٠) الذى لم يقنع السلطات بخطر الماء الملوث فحسب ، بل نبههم الى الحاجة لرقابة عامة من واجبات الاتجاه الى تحسين الحياة البشرية . وكان هناك وراء تشريعات الصحة العامة التى صدرت فى الأجيال الأخيرة شعور أكبر بالمسئولية نحو العمال ، كما أعان انتشار التعليم على اتخاذ اجراءات للاصلاح الصحى من شأنها الوقاية من الأمراض الشائعة وبهذا الخصوص قامت الخدمةالطبية المدرسية فى انجلترا وويلز بالكثير من تنوير الرأى العام ، ذلك العمل المتواصل الشاق ، وذلك تنفيذا للقانون الصادر عام ١٩٠٧ .

ونتجت بعض التحسينات فى صحة العمال الصناعيين عن تطبيق الطرق العلمية بطريقة أكثر مباشرة فى الصناعة . وعلى ذلك ففى الأماكن التى حلت القوى الكهربية فيها محل قوة البخار ــ بعجلاتها وسيورها وريشها المتحركة ــ فى المصانع نجد هناك تقدما هائلا . ونجد المصنع نفسه أنظف وأقل ضجيجا ولا يزدحم بعوارض يتراكم الغبار عليها . ويمكن بناء المصنع بسهولة اذ لا يحتاج لمقاومة للضغوط التى تنشأ عن نقل الحركة بالسيور . وينتج عن ذلك وجود فراغ أكثر لانشاء النوافذ ، وهذا مما يساعد بالاضافة الى استخدام تدفئة واضاءة جيدتين على راحة العمال ورفاهيتهم العامة .

وقد كشف التفتيش الصحى على المصانع الذى بدأ فى ختام القرن التاسع عشر عن كثير من الحقائق عن الحرف الخطرة ، وأبان التقدم العلمى عن كيف يمكن تجنب البعض منها . ان فى مقدرة العمال الذين يستلزم عملهم معالجة الرصاص والزرنيخ والفسفور أن يتخذوا الآن احتياطات تقلل من الأخطار التى يتعرضون لها بدرجة كبيرة . وقد قضى تقريبا على نسبة الاصابة العالية المخزية بمرض اعتام عدسة العين بين عمال الزجاج . وقد أبانت الأبحاث الطبية للاحوال الصحية فى بعض الحرف كالبرادة وتجليخ المعادن خطر الغبار . وقل ما اتخذ من احتياطات

---

(١) هذه الارقام مستقاة من كتاب الطب فى خمسين عاما (المطبوع فى لندن سنة ١٩٥٠) والذى نشرته نقابة الأطباء البريطانية ، ص ٢٥٣ ــ ٢٥٤ .

بيئة كرش الهواء بالماء وتهيئة تهوية جيدة من هذه الأخطار التى تتعرض لها أعداد كبيرة (١) .

وللعامل الصناعى مثله فى ذلك مثل غيره من أفراد المجتمع الحديث نصيب من تلك التطبيقات العلمية المباشرة التى تتمثل فى الطرق التى تمارس بها المستشفيات الحالية مهمتها فحينما يمرض فانه ينتفع بالمواد التخديرية والعقاقير المخففة للآلام . وفى بريطانيا العظمى الآن مصلحة معامل الصحة العامة ، مهمتها معالجة مشاكل الأمراض الوبائية التى تستلزم أبحاثا بكترولوجية فنية . وتساعد مثل هذه الخدمات على الاحتفاظ بمستوى عال من الصحة العامة بين الجميع . ويمكننا أن نضرب لذلك مثلا آخر ، ألا وهو مصلحة نقل الدم فى هذا البلد ، تلك المصلحة التى تنقذ الآن حياة كثير من الناس . وقد استمدت المعلومات الأساسية عن هذا الموضوع من سلسلة طويلة من الأبحاث التى بدأت فى فيينا عام ١٩٠٠ باكتشاف الفصائل الدموية ، والتى استمرت عن طريق تقرير طرق اختبار الأفراد الروتينية لمعرفة نوع فصيلتهم ، ووصلت الى اتقان طرق تجميد بلازما الدم وحفظها عن طريق التبريد . وتساعد الاكتشافات التى تمت بخصوص فصائل الدم فى السنين العشر الاخيرة بالاضافة الى ما يقوم به رجال علم الوراثة على الوقاية من بعض أمراض الأطفال حديثى الولادة النادرة . وعلى ذلك فهى تقلل أيضا من نسبة وفيات الأطفال .

٤ ـ الوقاية ومنع العدوى

ربما كانت أكبر معونة مباشرة يقدمها العلم للوقاية من المرض هى تلك الوسائل التى يهيئها للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة التى تسبب الأمراض قبل ان تشرع فى هجماتها الضارة على الانسان . ان بسطرة اللبن ، وتعقيم الماء فى الحمامات العامة ، ومعالجة ماء المجارى بما يسبب القضاء على بكتيريا الأمراض انما هى طرق تعين على صيانة الصحة العامة ويمكن أن يزف سكان البلاد المعتدلة الآن التهنئة لأنفسهم على أن الاجراءات الصحية التى اتخذت قد قضت تقريبا على الكوليرا ، والتيفود والجدرى ، والتيفوس . ومع ذلك فان سكان البلاد ذات الأجواء الأدفأ

---

(١) أن السيليكوزس وهو الاسم العام الذى يطلق على الحالات المعروفة بالسل الذى يصيب عمال المناجم ، والربو الذى يصيب صانعى الخزف مازال خطرا يتعرض له كل العمال الذين يتعرضون لغبار دائم ، ويكون مشكلة عويصة لرجال الطب .

فى خطر دائم من عدد الأمراض أكثرها انتشارا الملاريا(١) ، ومع ذلك قد تتسرب فى هذه الأيام ، أيام السفر السريع بالجو ، الأنواع الخاصة من البعوض الذى يحمل الملاريا الى أى مكان فى العالم . ويمكن السيطرة على الملاريا سيطرة فعالة بواسطة القضاء على البعوضة وهى يرقة . وقد حدث هذا فى وقت ما بواسطة عملية المعالجة الشاقة للأراضى المغطاة بالمستنقعات بالبرافين او زيت البترول ، تلك العملية التى كانت تقلل التوتر السطحى للماء لدرجة أن تفقد يرقات البعوض سطوتها على السطح الأسفل للماء ، وتموت لنقص الهواء . وهناك الآن طريقة اكثر فاعلية ، تتلخص فى استعمال مبيد الحشرات القوى د.د.ت مــذابا فى زيت مناسب ورشه على الأراضى باليــد أو بطريقة احسن من ذلك بواســطة الطائرات .

وهناك مبيد حشرات آخر قوى ، جاميكسين ، يستعمل أيضا فى مهاجمة البعوض فى طور بلوغه وكذلك وهو ما زال يرقة ، وقد أمــكن باستعمال كل من الجاميكسين ، و د.د.ت القضاء النهائى على الاصابات الناتجة عن البعوض فى قبرص . وكذلك فان نجاح د.د.ت فى الوقاية من انتشار وباء التيفوس (٢) فى نابلى فى نهاية الحرب العالمية الثانية انما هو مثل جلى على الخدمة التى يسديها عالم الكيمياء العضوية لمحاربة ذلك العدو اللدود ، المرض .

لقد ذكرنا الى الآن أمثلة قليلة لنجاح الوقاية من العدوى ، ومع ذلك فحينما تلج الكائنات الحية الدقيقة الجسم البشرى ، فاننا نلجأ الى عقار يقضى على هذه الكائنات دون الحاق ضرر بالأنسجة . والسالفازان الذى أنتج عام ١٩٠٩ لعلاج الزهرى مثل مشهور لمثل هذا العقار ذى التــأثير المباشر . وكان من شأن البحث الطويل الذى استلزم جهدا شاقا جدا ، وأدى فى النهاية الى اكتشاف السالفازان ونجاحــه فى تخفيف ويلات مرض خطير تشجيع الأبحاث الأخرى عن مواد كيماوية ذات تأثير علاجى خاص . ولم تكتشف لمدة طويلة مركبات ذات تأثير فعال ضد العدوى البكتيرية العادية ، وبقى الحال كذلك حتى سنة ١٩٣٥ حينما أعلن علماء

---

(١) تقتضى الملاريا ضريبة باهظة من الآلام البشرية ، وقد قدر عدد من يموتون منها كل عام بثلاثة ملايين من الأنفس . ويعانى سبع سكان العالم الأسى من آثارها . وقد استعمل المركب الطبيعى كينين مدة طويلة لعلاج مرضى الملاريا . وأثناء الحرب العالمية الثانية ١٩٣٩ ــ ١٩٤٥ كان هناك نقص خطير فى الكينين الطبيعى ، وأنتج الكيميائيون عقارا ضد الملاريا هوبولودرين ، وهو عقار وقائى أشد من الكينين عشر مرات .

(٢) ينتقل التيفوس بواسطة القمل .

الأمراض فى المانيا ان صبغة حمراء تدعى البرونتوزيل ذات أثر فعال ضد عدد من الأمراض السبحية (١) •وقد وردت بعد ذلك مباشرة أنباء من معهد باستير فى باريس ان جزءا فقط من مركب البرونتوزيل ذو اثر فعال ضد البكتريا ، وان العامل الحقيقى فى ذلك هو مركب أبسط ، السلفانيلاميد . وبعد ذلك مباشرة قامت المحاولات المنظمة على قدم وساق فى لندن ، وزودتنا الأبحاث المعملية بالاضافة الى ما تفتقت عنه أذهان الكيمائيين الصناعيين بسلسلة من العقاقير المعروفة غالبا باسم مركبات السلفا ، وأحسن ما عرف منها م ، ب ٦٩٣ .

وقد وجد أن عقاقير السلفاناميد مأمونة الجانب بدرجة كبيرة وذات اثر فعال ضد سلسلة كبيرة من الأمراض السبحية المعدية مثل التهاب اللوز ، والالتهاب الصدرى ، وحمى النفاس ، والحمى الراجعة ، والتسمم الدموى . وقد هبطت بالفعل نسبة الوفيات بين الأمهات الناتجة عن حمى النفاس الى رقم منخفض بالنسبة الى استعمال علاج أكثر تعقلا ، وأكثر مراعاة للصحة ومع ذلك فقد أصبحت نسبة الوفيات أقل بعد استعمال مركبات السلفا .

٥ ـ المضادات الحيوية

على الرغم من أن عقاقير السلفاناميد برهنت على أنها عقاقير قيمة ، الا أنه وجد أنه من الضرورى بذل عناية كبيرة عند استعمالها ، حيث يتبع استعمالها أحيانا أعراض تسممية ، وبعبارة أخرى لا تهاجم هذه العقاقير البكتريا المحدثة للمرض فحسب ، بل قد تهاجم خلايا جسم الانسان التى تأوى هذه البكتريا كذلك . ولذلك فان رجال الطب ظلت عيونهم الفاحصة مفتوحة لعلهم يهتدون الى عوامل أكثر انتقاء وربما أكثر فاعلية . ولم يذهب بحثهم دون طائل : ففى خلال الأيام الحديثةأوجدت فصيلة جديدة من المواد تدعى المضادات الحيوية .

وتختلف المضادات الحيوية عن غيرها من العوامل البكتيرية فى كونها يحصل عليها من العفن أو من كائنات حية دقيقة تنتجها فى مجرى حياتها العادى . ويتقدم العمل الآن فى تخليق المضادات معمليا . ان تأثير المضاد الحيوى هو جعل كائن مجهرى حساس غير قادر على مواصلة نواحى النشاط الكيماوية التى يحتاج اليها فى حياته. وقد وجد أن هناك مضادات حيوية تهاجم بهذه الطريقة انواعا عديدة من الكائنات المجهرية،

---

(١) السبحيات هى الاسم الذى أطلق على تلك البكتيريا التى تظهر تحت المجهر كسلاسل صغيرة .

ومع ذلك فليس لها فى الواقع آثار سيئة على قيـــــام الجسم البشرى بوظائفه . وربما كان أشهر هذه المضادات الحيوية هو البنسلين ذو الأثر الفعال ضد الكائنات المسببة للالتهاب الصدرى،وأمراض خطيرة أخرى. ومن بين المضادات الحيوية الأخرى المســــتعملة على نطـــاق واسع الاستربتوميسين والأوروميسين ، وكلاهما ذو أثر فعال ضـــد بعض البكتريا التى تقاوم البنسلين .

ان قصة اكتشاف البنسلين وانتاجه فيما بعد على نطـــاق واسع قصة مثيرة للاهتمام بدرجـــة أنه من الواجب تخصيص بعض الوقت لمناقشتها .

فى عـام ١٩٢٨ كان الدكتور فليمنج الذى صـار فيما بعـد السير الكساندر فليمنج الذى كان يعمل فى مستشفى سانت ميرى فى لندن يقوم فى معمله باجراء تجارب على زراعات من البكتير العنقودى ، وهـو الكائن الذى يسبب الدمامل على البشرة ، وقد لاحظ على احدى شرائح الزرع رقعة من عفن بسبب التلوث ، وتبدو من حوله مستعمرات البكتريا العنقودية كأنها تنكص الى الوراء . وقد أثار هذا حب استطلاعه حالا . وعندما مضى أسبوع آخر وجد أن السائل الذى نما فيه هـذا العفن لم يوقف نموالبكتريا العنقودية فحسب ، بل أوقف أيضا نمو كثيرغيرها من بكتريا الأمراض الشائعة .

لقد كان هذا اكتشافا عجيبا ، اكتشافا كان الأطباء فى انتظاره منذ أيام اللورد ليستر . وعلى الرغم من أن الكثير قد تم منذ ذلك الوقت ، فقد أبانت أبحاث سير الكساندر فليمنج فى الجروح المتقيحة أثناءالحرب العالمية الأولى أن المواد المطهرة التى كانت مستعملة حينئذ غالبا ماكانت سامة لأنسجة الجسم كما كانت سامة للبكتريا المهاجمة . وقد وجد الآن مطهرا غير ضار بخلايا الجسم ، وحيث ان اسم العفن كان بنســـــيليم نوتيتم ، اقترح أن تسمى المادة المصفاة من الحساء الذى زرع فيه العفن بنسيلين ، وهذا هو أصل تلك الكلمة المألوفة .

وتنتقل قصتنا الآن لأوكسفورد عام ١٩٣٩ حيث كان السير هواورد فلورى وآخرون يبحثون عن مواد ضد البكتريا تنتجهاالكائنات المجهرية. لقد خطط العمل أولا كدراسة اكاديمية محضة ، وأمدته مؤسسةروكفلر بالعـــون المالى . وكانت أول مواد فحصت هى زراعات فليمنـــج من البنسلين نوتيتم . وقد نجح فلورى فى الحصول منها على مسحوقأسمر قاتل للبكتيريا أشد بكثير من مركبات السلفوناميد ، وقادر على ايقافنمو البكتيريا العنقودية فى محلول مخفف بنسبة ١ على ٥٠٠٠٠ . ومما أثار الغرابة بدرجة كبيرة أنه حينما تم عزل البنسلين على هيئة ملح صوديوم

نقى تحقق أن هذا المسحوق الأسمر يحتوى على ١٪ من البنسيلين، و٩٩٪ من الشوائب . ومع ذلك فان الأبحاث الطبية الأولى فى اكسفوردالتى أجريت بالكميات الصغيرة من البنسيلين التى كانت ميسورة حينئذ كانت كافية لأن تبين أن مادة ضد البكتيريا لها قوة هائلة أصبحت حينـــذاك فى متناول اليد . ومع ذلك فقد كانت المشكلة هى ايجاد وسائل لانتاجها بكميات كبيرة كافية .

وأول طريقة استعملت كانت نوعا من مضاعفة الطريقة المعمليةلزراعة العفن على سطح هلام مغذ . وكان هذا معناه ايجاد زراعات فى قوارير محفوظة فى درجة حرارة ثابتة يرعاها باحثون موفقون اتخذوا احتياطات محكمة لابقائها فى حالة خالية من الجـــراثيم ، اذ وجد أن نشـــاط البنسيلين سريعا ما يقضى عليه بواسطة الكائنات المجهرية التى تغزوه من غبار الهواء . وبعد زيارة سير هووارد فلورى للولايات المتحدة فى ربيع عام ١٩٤١ ابتكرت طرق أحسن يمكن بها زراعة العفن لا على سطح المادة المغذية فحسب ، بل أيضا فى انحاء المادة بأكملها . وعلى ذلك يمكن أن يحل صهريج واحد معرض للهواء محـل آلاف من القوارير التى تراعى فرادى . وهذه الطريقة التى مورست لأول مرة فى الولايات المتحـــدة هى الآن طريقة « الاستنبات العميق » لصناعة البنسيلين لتوزيعــه على المستشفيات فى جميع أنحاء العالم .

وبينما كانت طرق الانتاج على نطاق واسع تتحسن حتى تصل درجة الكمال ، كانت الأبحاث التفصيلية الدقيقة الى درجة متناهية مستمرةفى المعامل على كلا جانبى المحيط الاطلنطى . وقد أبانت الأبحاث التى جرت بخصوص الطبيعة الكيماوية للبنسيلين أن هناك أربعة أو خمسة أنواع مختلفة من البنسيلين لها درجات مختلفة من الفاعلية فى داخل الجسم الحى . وأدت الملاحظات الدقيقة الى ايجاد طرق لانتـــاج أعظم أنواع البنسيلين فاعلية فى العلاج المسمى مركب ج ، وحفظه دون أن يحدث هذا تغيرا فى حالته . واتخذت لهذا الغرض أيضا طريقة التجميدالسريع بالتبريد والتجفيف فى فراغ (وهى الطريقة التى استعملت فى تحضير مصل الدم البشرى والبلازما أثناء الحرب العالمية الثانية) كمثـــل آخر للعلاقة الوثيقة بين الأساليب الهندسية ذات النطاق الواسع والأبحـاث الأساسية .

ولم يعثر على مضادات حيوية تهاجم الفيروسات الحقيقيـــة دون مهاجمة خلايا جسم الانسان الذى يأوى الفيروس ، والسبب فى ذلك هو أن الفيروسات الحقيقية تعيش فى ارتباط أشد وثوقا بكثير مع مضيفها من البكتريا ، ولذلك فان مركبا كيماويا يمزق أوصال حياة الفيروس من

المحتمل أن يقوم بذلك مع خلايا الشخص المضيف لهذا الفيروس أيضا.
ومع ذلك فهناك فيروسات كبيرة هى وسط فى نوعها بين البكتـيريا والفيروسات الحقيقية فى كونها مستقلة استقلالا نسبيا عن المضيف.
وقد ثبت ان بعضا من هذه حساس بالنسبة للمضادات الحيوية . ومن أمثلة هذه فيروس مرض الببغاء (الذى يصيب الببغاوات) ، والكائن الشبيه بالفيروس الذى يسبب حمى النفاس .

وهناك أمر آخر يحد من مفعول المضادات الحيوية ، وهو أن بعض البكتريا التى تسبب الأمراض ثبتت قدرتها على ملاءمة نفسها مع البيئة الجديدة بايجاد سلالات تقاوم المضادات الحيوية . وكلما زاد استعمال تلك المضادات الحيوية كلما زاد تولد تلك السلالات المقاومة . ونتيجة لذلك لا يصف رجال الطب تلك العقاقير العجيبة،الا مع الحيطةالمناسبة.
ومع ذلك فان المضادات الحيوية تحتفظ بكونها اضافة على جانب كبيرمن الأهمية لما لدينا من أسلحة من المواد الكيماوية المبيدة للبكتيريا .

٦ ـ الصحة العقلية

من المعترف به الآن أن بعض الأمراض التى يرثها الانسان لا ترجع فى أصلها الى غزو الجسم بواسطة جراثيم مسببة للأمراض ، ولكن الىعدم قدرة الشخص نفسه على التلاؤم مع الاجهاد العاطفى الذى يعانيه . ان الحد الفاصل بين الجسم والعقل ـ اذا تجاسرنا فى الحقيقة على أن نظل على هذا التفريق القديم ـ حد غامض جدا . ويبـدو أن علاج بعض الأمراض الآن يكون فى الترويح عن العقل الحزين . ومازلنا نذكر ماطلبه ماكبث (١) من طبيبه قائلا :

الا يمكنك أن تمـد يد العـون لعقل مريض
وتنتزع من الذاكرة حزنا ثابت الجـذور
وتستأصل القـلاقل المنقوشـة فى الذهن ؟

وهنا أجاب الطبيب : فى هذه الحالة لابد للمريض أن يمد يدالعون لنفسه .

ومازالت هـذه اليوم هى الاجابة التى يعطيها الطبيب كملجأ أخير ، ولكنه يساعد الطبيب على أن يساعد نفسه . وهذه هى كل مهمةالتحليل

---

(١) أحد أبطال رواية من روايات شكسبير أكبر شعراء الانجليز ، استضاف الملك الذى أحسن اليه وقتله . وقد عاش ماكبث بعد استيلائه على العرش فى جحيم نفسى ، وانتهت حياته نهاية مريرة (المترجم) .

النفسى الذى نشأ نتيجة للعمل الرائد الذى قام به سيجموند فرويد (١٨٥٦ ــ ١٩٣٩) . وقد ادت دراسة الأحلام وامراض العصاب بفرويد الى أن يبحث قواعد الصراع العقلى الذى ينشأ عن تحطيم الطفولة . وقد قاسى فرويد كفيره من العظماء من انحرافات المشهرين . وان كثيرا من البيانات التى لا تمت بصلة ما الى مواضيع حديثهم فى كتيباتهم الصغيرة ومجلاتهم البراقة لتعطى صورة خاطئةتماما عنالرجل. ومع ذلك نجد أن رجال الطب فى العالم لديهم اليوم كنتيجة عامة لما قام به فرويد فهم أفضل لما تقاسيه البشرية من ويلات . وان لدينا الآن فكرة أشد تواضعا نوعا عن سلوكنا اليومى ، وذلك حينما ندرك أن كثيرا منه غير معقول ، وأنه متأصل فى دوافع لا ندرك لها كنها .

وأتت المعونة أيضا للمرضى عقليا من نواحى التقدم التى تمت فى فسيولوجيا المخ ، وقد أسعفت عملية الليكوتوميا وهى عملية تجرى فى الفصوص الأمامية للمخ أولئك الذين يعانون من هموم ثقيلة . ونتيجة لذلك يعيش أمثال هؤلاء الناس عيشة هادئة ولكنها خاملة نوعا ، ولكنهم فى استطاعتهم اقامة أودهم الى حد كبير . وغالبا ما تنجح طرق طبيعية محضة مثل العلاج بالصدمات الكهربية فى التفريج عن الذهن المكروب . وزيادة على ذلك فقد أصبح الاتجاه العام منناحية المرض العقلى أكثر تسامحا ورحمة . ولذلك فمن الأجدر لأولئك المأزومين نفسيا أن يبحثوا عن علاج ، اذ قد اعاد الأمل فى الشفاء مع طرق العلاج الوظيفى المعقولة كثيرا من المرضى الى حياتهم العادية المألوفة . وقد يأتى التقدم فى مجال رد الاعتبار من مصادر عدة : من علم النفس ، والطب ، ومن تعليم مستنير ، ومن اجراءات المحافظة على الصحة العامة . وبالضبط كما ان الكوليرا قد أمكن السيطرة عليها فى أوربا فى القرن التاسع عشر ، فكذلك قد تستسلم فى القرن العشرين الاختلالات العقلية الحادة مثل مرض انشطار الشخصية للجهود المشتركة فى الأبحاث العلمية والقيادة الحكيمة للصحة العامة .

ان الصحة العقلية تعنى بالطبع شيئا أكثر من عدم وجود مرض . ويحتاج المجتمع القوى الى أفراد يواجهون الحياة بجنان ثابت . وكما ان المسكنات والأقراص المنبهة تضر أكثر مما تنفع ، كذلك فان العلاج الوقائى المفرط للأمراض العقلية الصغرى قد يعتصر مرونة الانسان الطبيعة . ان هناك أمرا واحدا مؤكدا هو أن المعرفة العلمية نفسها تقف فى العلاقات الانسانية موقف الحياد . انها قد تستعمل لصالح الانسان أو للقضاء عليه . وقد تستعمل دراسة تفاعلات الانسان تحت تأثير الاجهاد لتدمير كرامته كما يظهر فى تلك الصورة المرعبة لقوة الأخ

الكبير في عام ١٩٨٤ . ويمكن أن ينحرف علاج لاعتلال خطير الى طريقة لاحداث تلك الحالة . ولقد رأينا ما يكفى من آثار أشـــد علوم النفس التطبيقية ارتجالا فى دكتاتوريات الحرب العالمية الثانية . ولذلك فيجب علينا أن نتذكر أن مجرد ازدياد المعرفة بالعقل البشرى لا يستلزم جعل الناس فى حالة أفضل ، وأن كل تقدم علمى يضع مع ذلك مسئولية أكبر على عاتق العقل البشرى من جهة استعمال هذا التقـــدم الاســـتعمال الصحيح .

الفصل السادس عشر

إلى أين نحن ذاهبون؟

١ـ التحرك الذاتي

لقد رأينا فى الفصل السادس كيف أن استعمال آلة وات البخارية كمصدر من مصادر القوة فى المناجم والمصانع ، واستعمال القوة البخارية فى تسيير القاطرة نتج عنه استخدام سلسلة كاملة من نواحى التقدم الفنية ذات الأثر الفعال التى ساهمت فى احداث التغييرات الاجتماعية التى عرفت بالثورة الصناعية . وتتغير طرق حياتنا اليوم فى العقود الوسطى للقرن العشرين بسرعة كبيرة حتى أننا حقا نعيش فى ثورة صناعية جديدة ، ثورة تقوم فيها الآلات الدقيقة والأجهزة الحاسبة بمهام معقدة دون تدخل بشرى . وتندرج مثل هذه العمليات تحت أسم التحرك الذاتى الذى نقرأ عنه الكثير جدا فى الصحافة اليومية .

ان المكونات الأساسية لكثير من الدوائر الكهربية المستعملة فى عمليات التحرك الذاتى هى الصمام الثرميونى والخلية الضوئية . ومع ذلك يستعاض عن الصمام الثرميونى فى بعض الحالات بجهاز يعتمد على الخواص الغريبة للمواد التى ليست بموصلات جيدة ولا بموادعازلة، تلك المواد التى تعرف باسم مواد نصف موصلة . وقد أعلن عام ١٩٤٨ عن تقدم ملحوظ فى استعمال تلك المواد بواسطة علماء الفيزياء القائمين بأبحاث خاصة بمعامل تليفون بل . لقد اخترعوا الصمام البلورى المعروف الآن عادة باسم الترانزستور • وقد تكون هذا الجهاز من صحيفة رقيقة جدا من الجيرمانيوم ووصلتى شارب القط • ويحدث مثل هذا الجهاز تيارا مترددا يتخذ اتجاها واحدا ، ويتسبب أيضا فى احداث تيار متزايد عند تشغيله . وبمعنى آخر فان الصمام البلورى أو الترانزستور جهاز تصفية وجهاز تكبير فى الوقت ذاته . وعلى ذلك فانه يقوم بمهام الصمام الثرميونى . ومن مزايا أجهزة الترانزستور العظمى أنها أكثر احكاما وأنه لا حاجة فيها الى تيار منفصل كما هى الحالة فى الصمام

العادى . وهى لهذا السبب غالبا ما تستعمل فى التجهيزات الكهربية المتنقلة اللازمة فى كثير من عمليات التحرك الذاتى .

وتعتبر بعض مظاهر التحرك الذاتى نتيجة طبيعية للتحسينات التى ادخلت على الأجهزة الميكانيكية لتوفير الجهد فى المؤسسات الصناعية والتجارية والورش . وتواجه نواحى التقدم هذه حاجتنا الى مزيد من الانتاج والى مزيد من توفير الوقت . ولكن استعمال الآلة الحاسبة الالكترونية الذاتية الحركة التى تعرف غالبا باسم المخ الالكترونى انما هو شىء جديد على عصرنا الحالى ، ويفتح الطريق لاستعمال اكثر فاعلية بكثير عما عرف من قبل لكل من الموارد المادية والبشرية . وليس هناك بالطبع افتراض قط بأن المخ البشرى لن نعود فى حاجة اليه . ان نواحى التقدم التى تمت فى ميدان التحرك الذاتى انما هى فى الحقيقة من الحوافز التى تستدعى قدرة أعظم على الابتكار ، ومهارة أكثر ، ودرجة عظيمة من التلاؤم مع الظروف الجديدة .

وهناك نوع من الآلات الحاسبة يعرف بالحاسبة الرقمية . وهونوع على درجة كبيرة من التعقيد . ويرجع المبدأ الأساسى الذى تقوم عليه هذه الآلات الى المعداد ؛ أو اطار العد ، والى تألية (١) ذلك المبدأ فى المكنات الحاسبة الأولى التى ابتكرها شارلز باباج (١٨٩٢ — ١٨٧١) وهناك بعض أجزاء من آلاته محفوظة فى متحف العلوم فى سوث كينسينجتون . والحاسبة الرقمية مصممة بحيث تعد أو تلفظ أشياء متباينة فى أنواعها ، سواء كانت ثقوبا فى بطاقات أو نبضات كهربية أحادية — وفى الحقيقة يمكن التعبير عن أى شىء بالأرقام ، ثم بعد ذلك . وهذا هو الميدان الذى يستعمل فيه الصمام الثرميونى أو الترانزستور ، اذ أنه يسمح بمرور تيار كهربى أو يمنع تيارا من المرور . ولذلك فهناك مادة مناسبة ذات طبيعة متباينة تستسلم للحساب الرقمى . ويجب التعبير عن الأعداد طبقا للمقياس الثنائى بدلا من المقياس العشرى العادى ، وبعد ذلك يمكن معالجتها بواسطة الحاسبة . ان نفس طبيعة الاشارات الكهربية كوحدات ، وانعدام وزنها ، وسرعتها ، تجعل الحاسبة الرقمية الحديثة مختلفة اختلافا شاسعا عن الآلات الحاسبة الأولى التى كانت تعتمد على الحركات الآلية لروافع صغيرة كانت أحيانا ما تخطىء وفى حاجة دائمة الى التشحيم .

وهناك نوع آخر من الأجهزة الالكترونية مستعمل فى عمليات التحرك الذاتى وهو الحاسبة القياسية . وتمثل الأعداد فى هذه الآلة لا بمقادير متغيرة بل بمقادير مستمرة . وعلى هذا فكما أن الطول فى المسطرة

---

(١) تحويله الى نظام آلى (المترجم)

الحاسبة يمثل لوغاريتم عدد من الأعداد ، فكذلك تمثل الأعداد فى الحاسبة القياسية بالأطوال أو بزوايا الدوران أو بالفولتات • وتتجمع فى الحاسبة القياسية دوائر الكترونية متعددة بحيث تشابه تتابعات سلوكها سلوك الجهاز الآلى الذى تسجله أو تتحكم فيه . ويعمل الجهازان الكهربى والآلى فى الحقيقة وفقا لنفس مجموعة العلاقات الرياضية التى تعبر عنها مجموعة من المعادلات المتماثلة • ولذلك فمهمة العقل البشرى المتحكم فى الحاسبة تجزئة المسألة المراد حلها الى أجزائها التى تتكون منها بحيث يمكن التعبير عنها كمعادلة • ومهما استعمل أى نوع من الحاسبات ، فان العمل المبدئى من تخطيط أووضع برامج ، كما يدعى ، انما يقع على عاتق مجموعة من علماء الرياضيات والخبراء فى العمل الخاص الذى يقام به • وبعد ذلك يتولى العمل جماعة التشغيل وفنيو الصناعة •

وتستعمل الحاسبات القياسية بنجاح فى آلة تسنين الكامات (١) وذلك فى الصناعات الكهربية والموسيقية فى بريطانيا العظمى . ويتم التحكم فى هذه الآلة بواسطة شريط مثقوب ، ويتكون التخطيط البرنامجى من مجموعة من الاحداثيات تطابق الأوضاع اللازمة لسكين التفريز . ويوضع فى نوع آخر من آلات التفريز التى تدار الكترونيا نموذج للشكل المراد نسخه فى وضع يمكن به تتبع سطحه الكلى بواسطة آلة حساسة تسجل الاختلافات البسيطة فى الضغط بواسطة اشارات كهربية . وتحرك هذه بواسطة ما يسمى بالتحكم الآلى البعيد سكين التفريز الذى يلمس النموذج لمسا بسيطا . وبهذه الطريقة يمكن القيام بنسخ معقد ذى ثلاثة أبعاد بطريقة دقيقة .

ولا تستعمل الحاسبات الالكترونية فحسب لادارة عدد الآلات ، بل أيضا فى العمل المصلحى لتقليل الجهد الى الحد الأدنى ولضمان دقة التسجيل . ونذكر على سبيل المثال لذلك الجهاز الذى ابتكره ج . ليونز وشركاه . ويسمى هذا الجهاز جهاز ليو ، وهو اختصار ملائم لمكتب ليونز الالكترونى (٢) ، ويحسب هذا الجهاز مرتب عشرة آلاف موظف فى حوالى أربع ساعات . ويعالج ليو أيضا طلبات محلات شاى ليونز من المخابز ، ويقوم بما يتطلبه هذا من تدوين لكل ما يختص بتعبئة ونقل الكعك والفطائر ، ويقوم فى الوقت نفسه بعمل الميزانية . وهناك جهاز الكترونى آخر معقد ذو أهمية خاصة لحاملى السندات ذات الأقساط وهو الجهاز الالكترونى لبيان الأعداد بطريقة عشواء ، واسمه الدارج

---

(١) أى أقراص التنظيم المحولة (المترجم) •

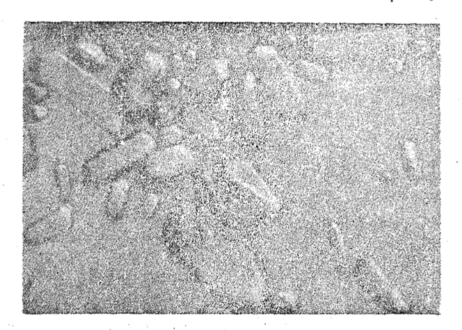
(٢) كان المثال النمطى لذلك هو الجهاز الحاسب الكبير ، وادساك ، المصمم فى كيمبردج •

المعروف به هو أرنى . وهو مصمم بحيث يسجل صدمات الالكترونات التى تحدث صدفة فى انبوبة تفريغ ، وبذلك يعطى نخبة من الأعداد جزافا وتطبع أجهزة الحساب اللازمة الأعداد المطلوبة اتوماتيكيا .

وتظهر بوضوح طرق التحرك الذاتى المستعملة فى مشاكل الادارة وكذلك فى أساليب الانتاج فى صناعة البترول . وتشكل ظروف التوليد الكهربائى والنقل الجوى والمائى على أعلى مستوى تخطيطى فى الصناعات المعدنية مجموعة معقدة من المتنوعات لابد من ايجاد أفضل الطرق لاستعمال مواردها . وأحيانا ما تستسلم هذه المشاكل لتخطيط البرامج واستخدام الحاسبات . وكذلك فان استعمال الحاسبات الالكترونية فى المقادير الهائلة من البيانات التى تتطلبها العمليات المختلفة فى مصنع فنى هائل من شأنه تيسير وسائل الاتصالات داخل هذا المصنع . وتباشر فى معمل تكرير البترول نفســه ادارة كثير من العمليات الكيماوية من حجرة المراقبة المركزية ، ويمكن للناظر أن يقرأ بالضبط من آلات مختلفة وهو جالس فى مكتبه كيف تعمل بعض الآلات الميكانيكية فى مختلف أجزاء المصنع . وتسجل القياسات الطبيعية مثل الضغط واللزوجة وتجرى طبقا لذلك التعديلات بالنسبة لوضع آلات القيادة . وتقع مهمة وضع تخطيط برنامج معمل التكرير على عاتق أخصائى فى الرياضات .انه يفرز البيانات ويكون المعادلات التى لابد من حلها بواسطة حاسبة الكترونية . ويستسلم جم غفير من المشاكل الأخرى الخاصة بمصادر التموين وتسويق الناتج النهائى للحساب الالكترونى .

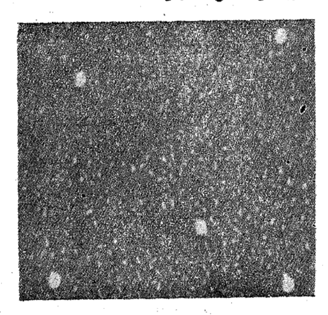
وتعتبر الحاسبة الالكترونية فى الأمثلة التى أوردناها امتدادا لقوى الانسان الحسابية ، كما اعتبرت الآلة امتدادا لليد البشرية ، والمجهر امتدادا للعين الانسانية . ولكن الأجهزة الالكترونية فى استطاعتها أيضا اختزان البيانات ، وبذلك تعتبر امتدادا للذاكرة الانسانية . وأبسـط طريقة هى تسجيل علامات على شريط أو قرص مدرج . ويمكن اختزان مثل هذه العلاقات لمدى غير محدود ، وتتكون منها ذاكرة الحاسبة . ويمكن كذلك جعل الحاسبة تستجيب لعلامات من حجم معين ، وتنبذ كل ماعداها . وهى بذلك تمارس نوعا بدائيا من التمييز ، وتشكل بذلك امتدادا آخر لقوى الانسان . ومما لا شك فيه أن ما تم من تقدم فى الأجهزة الحاسبة الالكترونية يقع فى دائرة النظام الجديد لعلم الأعصاب الالكترونية ، ذلك العلم الذى يختص بأجهزة التحكم والقيادة فى البشر والآلات .

لوحة رقم ٣٩



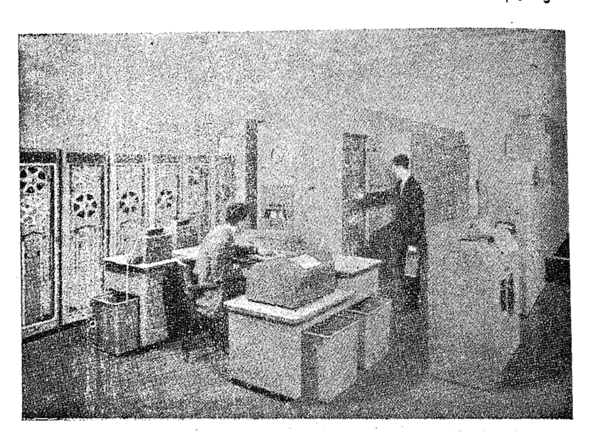
بلورات من هذا الفيروس تحتوى كل بلورة ملايين من الدقائق الفيروسية منضدة تنضيدا هندسيا دقيقا بجانب بعضها البعض

التهاب المادة السنجابية فى النخاع الشوكى



هذه الكرات الزغبية المظهر انما هى عبارة عن دقائق من أول نوع من فيروسات التهاب المادة السنجابية فى النخاع الشوكى من خلال مجهر الكترونى

لوحة رقم ٣٣



جهاز فيرانتى بيرسيس لتنسيق البيانات فى الوسط الحاسبة الاساسية . وفى الخلف على اليسار جهاز التشغيل . وفى الخلف على اليمين وحدات الاشرطة الممغنطة والبطاقات المثقوبة . وترى وحدات الاشرطة الممغنطة فى واجهة الصورة الامامية من اليسار ، ووحدات قراءات البطاقات المثقوبة فى واجهة الصورة الامامية من اليمين .

٢ – أبحاث الفضاء

ان تقدم العلم الخاص بطبقات الجو العليا يتوقف أولا على تصميم صاروخ مناسب يصل الى الطبقات العليا المراد ارتيادها ، ويمكنه حمل آلات التسجيل الضرورية • والصواريخ الخاصة بهذا النوع من الأبحاث انما هى فى الحقيقة قذائف ينبعث منها تيار نفاث ذو سرعة عالية فور انطلاقها . ويحمل رد فعل هذا التيار النفاث الصاروخ فى المرحلة الأولى من انطلاقه . وهذا المبدأ مماثل لذلك المبدأ الذى تسير الطائرات النفاثة بمقتضاه ، ألا وهو تساوى كمية الحركة كما هو مبين فى قانون نيوتن الثالث . ولكن على الرغم من بساطة المبدأ ، فقد تطلب الأمر قدرا كبيرا من الجهد لبناء صاروخ يكون ذا فائدة فى أعمال الارتياد . ان الصاروخ ف ٢ ثبت أنه باهظ التكاليف . وكان وقوده الأوكسجين السائل والكحول المشتعل بسرعة هائلة ، كما كان الأمر يحتاج الى ثلاثين رجلا لاطلاقه • وابتكر الأمريكيون بعد ذلك صاروخا أقل تكاليفا ، الراكون ، الذى أطلق من مناطيد بلاستيكية من ارتفاعات تبلغ خمسة عشر ميلا . وبمثل هذه الوسائل استطاعوا الحصول على عينات من الهواء من الطبقات العليا ومن قياس سرعة الريح على ارتفاعات عالية متفاوتة .

ومن الضرورى فى كثير من أمثال تلك التجارب الالمام بموقع الصاروخ أثناء سباحته فى الفضاء وتحقيقا لهذا الغرض يجهز موقع الاطلاق بآلات بصرية تسجل ارتفاع الصاروخ المنطلق بالنسبة للأفق وهناك أيضا أجهزة رادار يمكن بواسطتها مشاهدة موقع الصاروخ على شاشة . ويحمل الصاروخ نفسه آلة تصوير الأراضى ، وآلات لتسجيل التغيرات فى مجال الأرض المغنطيسى . وقد أبانت التجارب الصاروخية بالفعل أن الشمس ينبعث منها لا الضوء المرئى فحسب ، بل أيضا أشعة سينية لطيفة – أى ضوء غير منظور – وقد يوضح المزيد من الجهد تألق الهواء الغريب نهارا وليلا ويزيد معلوماتنا عن الطيف الضوئى للشمس وعن الأشعة الكونية والشهب .

وربما كان أعظم حدث أثار الاهتمام فى أبحاث الفضاء هو نجاح الروس فى اطلاق أقمار صناعية ثقيلة الى الفضاء اتخذت لها مدارات حول الأرض وكان قمرهم الصناعى الثانى أثقل ست مرات من القمر الأول ، ومزودا لا بآلات فحسب ، بل بمسجل حى – الا وهو الكلب • ومع ذلك فليست هناك الى الآن وقائع كافية لتقدير قيمة الأقمار الصناعية . ولكن رد الفعل الأول الذى أحدثه هذا كان اعجابا بالعمل الفنى العظيم الذى أبداه الروس ان كون الأقمار الصناعية قد استمرت فى مدارها حول الأرض ، وارسال أجهزة الارسال اللاسلكية التى تحملها اشارات تنبىء من قبل بذبذبتها

يعد انتصاراً فى ذاته . ومع أن جهاز ارسال القمر الصناعى الروسى الثانى كان سريعا فوق العادة ، الا أن رجال الارصاد فى كيمبردج وفى محطة جودرل باند بجامعة منشستر تتبعوا تحركه فى مداره .

وهنا نجد حلقة اتصال هامة مع العاملين فى ميادين اخرى . انه من المعروف الآن أن النجوم لا ينبعث منها نور منظور فحسب ، بل أيضا اشعاعات أخرى لا يمكن كشفها بواسطة تلسكوب بصرى . وبعض هذه الاشـــعاعات طول موجاتها أقصر من طول موجات الضوء ، وبعضها ذات موجات أطول من موجات الضوء من نوع موجات اللاســـلكى . ونشأ عن دراسة هذه الموجات الأطول ما يعتبر فى الواقع علما جديدا ، ألا وهو الفلك اللاسلكى . ومع ذلك فان الغلاف الجوى يقف حـــائلا دون جميع الاشعاعات الصادرة من النجوم عدا الضوء وموجات اللاســـلكى القصيرة ولذلك لابد من القيام بدراسات للاشعاعات الأخرى من فوق الغـــلاف الجوى ومن المتوقع فى هذا الميدان أن يلعب القمر الصناعى دورا هاما لا فى جعل الدراسات الفلكية اللاسلكية تمتد الى الموجات الطويلة ، بل الى ارتياد ميادين الأشعة دون الحمراء ، وفوق البنفسجية ، والأشعة السينية ، وأشعة جاما .

وقد أطلق الروس أول قمر صناعى فى اكتوبر ١٩٥٧ . وأرسل الأمريكيون فى السنة التالية صاروخا ، سمى باسم الرائد ، ســقط بعد أن وصل الى ارتفاع هائل بلغ ٧٩٠٠٠ ميل الى الغلاف الجوى ثانية وتفكك . وفى أوائل عام ١٩٥٩ أرسل الروس الصاروخ لونيك الذى قالوا انه مر على بعد ٥٠٠٠ ميل من القمر . وأحرز العلماء الروس فى نفس العام بعد ذلك نجاحا مبينا باطلاق صاروخ هبط على القمر فى الوقت المتنبأ به بالضبط تقريبا .

وتبدو الرحلات الى القمر كرحلات جيولز فيرن وبعض كتابات هـ . ج ويلز ، ولذلك فمن المســتحسن أن نوجه السؤال الآتى : أنتج شيء ذو قيمة عن أبحاث الفضاء التى تمت الى الآن ؟ هل الاعــداد للمزيــد من الرحلات الفضائية أمر يستحق العناء ؟ ان هذين السؤالين القيا أثناء نقاش دار تحت رعاية الجمعية الملكية فى نوفمبر ١٩٥٨ . ويبدو أنه قد تحققت بالفعل نتائج مؤكدة ، فقد زودتنا استقصاءات الصواريخ والأقمار الصناعية بحقائق عن درجة حرارة الغلاف الجوى للأرض وكثـــافته كما صححت التقديرات السابقة لأبعاد الأرض . ويبدو الآن أنه يوجد فى الأيونوسفير تلك المنطقة ذات الغازات المتأينة التى تحيط بالأرض تدرج شديد فى درجات الحرارة مما يشير الى مصدر هائل من مصادر الطاقة ربما كان صادراً من الجو الخارجى للشـــمس . وكذلك فان البيانات

المستقاة من الأقمار الصناعية الاستكشافية للولايات المتحدة تبين وجود طبقة من الاشعاعات حول الأرض ناتجة عن الشمس لا عن الأشعة الكونية وتبلغ اشعاعات هذه المنطقة أقصى درجات شدتها في منطقة تبعد عنا قدر نصف قطر الأرض مرتين ، وتمتد الى بعد يبلغ ثمانية أمثال نصف قطر الأرض ، وقد سمى هذا الحزام باسم حزام اشعاع فان ألن .

وقد انصب كثير من النقاش الذى دار فى الجمعية الملكية على نوع المشاكل التى يمكن لأبحاث الفضاء أن تتناولها بالفحص . وعلى ذلك فان الأقمار التى رجعت سالمة الى الأرض قد تكون قد حملت معها معلومات عن الأشعة الكونية . ومن الممكن تجهيز الصواريخ التى تدور حول القمر بأجهزة تليفزيونية تستكشف سطح القمر . ويمكن استقصاء الأحوال السائدة فى المريخ بآلات يمكن بها الكشف عن أنواع من الحياة قد توجد هناك . وقد تفتح التلسكوبات التى تقوم بعملها من فوق الغلاف الجوى ميدانا جديدا كل الجدة . ويبتكر علماء الفيزياء الآن بالفعل آلات دقيقة لمشاهدة سفن الفضاء من الأرض ، وسيسجل نوع جديد من التلسكوب اللاسلكى الذى أقيم فى مؤسسة الرادار فى مالفيرن مواقع الأقمار الصناعية بدقة أعظم مما هو ممكن بواسطة الأجهزة الموجودة .

أن مثل تلك الأفكار ذات أهمية لنا جميعا ، وقد يتمخض المستقبل عن اكتشافات مدهشة . وليراودنا الأمل انه فى ارتياد الفضاء الخارجى حيث لا يمكن للدول أن تخاطر بادعاء ملكيته سيكون هناك تنسيق للجهود كالتنسيق الذى بدأ أثناء الثمانية عشر شهرا للسنة الجيوفيزيائية الدولية. وقد أسهمت أثناء ذلك الوقت أكثر من ستين دولة فى تجميع مجموعة من البيانات التى ستحتل بعد تحليلها وتمحيصها مكانا فى الهيكل العام للمعرفة العلمية التى لا تعرف حدودا . وعلاوة على ذلك فان الاخلاص الذى تجلى بين الشرق والغرب خلال ما بد من نشاط أثناء السنة الجيوفيزيائية الدولية قد تردد صداه فى المجلس الأوربى للأبحاث النووية فى جينيف . وجهاز سنكروسا بكلترون الجبار وهو جهاز مصمم لانتاج جسيمات نووية ذات طاقة عالية هو ذاته احدى نتائج التعاون بين الأمم ، وقد صنعت أجزاؤه الرئيسية فى فرنسا وألمانيا وسويسرا وبلجيكا والسويد وهولندا والدانيمرك . ويمكن لعلماء الفيزياء من مختلف الممالك اغتنام فرصة وجودهم فى جينيف للاطلاع على هذا الجهاز وتنسيق ما وصلوا اليه من نتائج . وعلى ذلك يمكن لممثلى البلاد الذين كانوا يوما ما أعداء ألداء فى الحرب أن يتقابلوا على أرض محايدة لأغراض السلام .

٣ ــ أثر العلم

أن لنا أن نسأل أنفسنا وقد وصلنا الى هذه المرحلة : ما تأثير العلم التطبيقى الحديث على الشخص ذى التفكير العادى من رجل أو امرأة ؟ وما هى المشاعر التى تثور فى نفوسهم حينما يقرأون عن صواريخ الفضاء والقذائف والقوة النووية ؟ لقد وضعت هذه المسألة على بساط البحث بواسطة جماعة للبحث كونتها منظمة الصحة العالمية ، اذ أنها مشكلة ملحة فى حياتنا المتغيرة اليوم .

وقد أظهرت جميع التقارير الواردة من ممالك متعددة ومن الآراء الرسائل التى نتلقاها الصحافة أن الخوف منتشر انتشارا واسع المدى خشية أن تنطلق القوة النووية التى استعملت مرة لالقاء قنبلة على هيروشيما من عقالها بطريقة مدمرة أشد بكثير فتدمر قارة بأكملها، وعندئذ يهلك الغزاة مع فرائسهم فى بيداء مملوءة بالرمضاء . وليس هناك رعب من مثل تلك الحرب فحسب ، بل هناك أيضا ذلك الخوف البدائى من المجهول ، اذ يخشى النـاس أن أى عبث بقوى الطبيعة قـد يعنى تأثيرا عكسيا ، وذلك منذ اكتشاف نواة ةالذرة والتنبؤ بأن مكنوزات لا حد لها من الطاقة من الممكن انطلاقها من الذرة . وهذا شبيه بالخوف الذى كان أجدادنا يشـعرون به حينما كانوا يبصرون مذنبا يتألق عبر السـماء أو يسمعون زمجرة العاصفة المرعبة . اهناك أيضا من يقول أن العلم تجاوز حده ، وأن الانسان قد ملأه الغرور بما أتم من انجازات ، وأن عجرفته ستسرع به الى الهاوية . وهناك أيضا تلك الأفكار الزاخرة بالأمل وما يدور فى خلد النـاس من أن العلم يزداد يوما عن يوم مزدهرا باطراد ــ وأن القوة النووية ستدير آلات العالم كلها وتجعل الناس يجلسون هادئين يستمتعون بحياتهم . وهناك أيضا من يصـور رجل العلم كاخصـائى منقطع الصلة بالناس لا يحس بما فى الحياة الثقافية من مقومات بديعة ومختص بالقياسات فحسب . ويرى بعض الناس كما يرى كيتس (١) أن العلم :

سـيفتح مغـالق الأسرار كلهـا بدقـة
ويطهر الأجواء الموبوءة ويخرج الكنوز المخبوءة

ولكن لا داعى للوجل ، فالعلم لا يختص بأمور خارجة عن ميدانه .

---

(١) هو الشاعر الانجليزى العظيم (١٧٩٥ ــ ١٨٢١) الذى نظم على الرغم من موته المبكر فى سن الخامسة والعشرين عددا من القصائد لاتفوقها قصائد أخرى فى غزارة الخيال وجمال الفكرة (المترجم) .

ويتابع الانسان أبحاثه فى مختلف ميادين النشاط البشرى العظيمة الأخرى من دين وفلسفة وفنون بطرق مختلفة .

٤ ــ حدود العلم

ترجع العداوة تجاه العلم الى نظرة خاطئة عن مداه ومهامه . أن الانسان محب دائما لاستطلاع الدنيا التى تكتنفه ، وقد دفع به هذا الحافز الى احتقار مباهج الحياة والى أن يقضى أياما كادحا باحثا عن الحقيقة . ويزخر سجله بالفشل كما يزخر بالأعمال المجيدة ويبين تاريخ الثلاثمائة عام الأخيرة أن البناء الحقيقى للعلم انما بدأ فحسب حينما تعلم الناس قصر استقصاءاتهم على موضوع جلى واحد . ونحكم الآن نتيجة لهذا التحديد الدقيق على النتائج التى يصل اليها العلم طبقا لمقدار تناسقها ضمن مجالها الخاص . وتستعمل تلك المبادىء العامة المستقاة من الخبرة والتى تتكون منها قوانين علمية كوسيلة للمزيد من الأبحاث ، وتنبذ عند ظهور عدم جدواها . انه لا يوجد هناك اطلاقا أى قول بأن هناك مبدأ قاطعا ، ولا أى ادعاء بوجود حق مطلق .

وفى الحقيقة أن ما يعلنه العلم من نظريات يتحدد طبقا لمدى الخبرة الخاص بالموضوع المعالج . وتقتصر أقواله فى بعض الأحيان على مجرد افتراضات : اذا حدث هذا وهذا ، اذن ينتج هذا هذا . وفى داخل دورة من مثل هذه الافتراضات يمكن لمختلف الباحثين أن يتعاونوا ويوثق بالتنبؤات التى يكونونها . وبمعنى آخر فان العلم ما هو الا وصف للخبرات أكثر منه تفسير لها . وزيادة على ذلك فهو وصف داخل مجال محدود ، لامجال فيه لأى تقييم للمقاييس الأخلاقية والجمالية .

وفى تدبيجه لمثل هذا الوصف يستخدم العالم مفاهيما كمفاهيم الكتلة والطاقة والالكترون والنيوترون التى تستخدم كنوع من الاختزال لتوثيق الترابط بين الظواهر المشاهدة . وقد تبرهن تلك المفاهيم التى يستعين بها العالم على نقصها ، ولكنها مع ذلك تؤدى غرضا نافعا . فلقد رأينا فى الفصل العاشر كيف أن نظرية السيال الحرارى أدت خدمة قيمة لبلادك وغيره من العاملين فى القرن الثامن عشر ، ولكن النظرية نبذت حينما تكشفت معلومات أخرى . وكانت الكهرباء أيضا معتبرة كسيال واحد وأحيانا كسيالين . وقد استخدمت نظرية السيال الكهربى لوصف الظواهر التى كانت معروفة حينئذ . وعلى الرغم من أن مثل تلك النظرية غريبة علينا اليوم ، الا أنها لم تمنع بريستلى من صنع آلات كهربية مفيدة ، كما لم تمنع فرانكلين من اجتذاب برق السحاب .

وأننا لنجد فى الحقيقة أن تقدم العلم قد تضمن دائما مثل هذا التغيير من نظريات تهمل الى تخليقات صناعية تدمر وتحل من جديد . ومع ذلك فالعلم لا يتكون من فروض من هذا القبيل ولا من قوانين غير مترابطة ، اذ ان العالم يعمل وهو مؤمن بأن وراءه ما سماه هويتهد سنة الطبيعة . وهذا الايمان القائم على تلك المبادىء العامة المنفصلة عن تجاربنا وتجارب زملائنا انما هو شيء خارج عن دائرة العلم خاص بالفلسفة . ومع ذلك فبصفته ايمانا ليس شيئا حقيقيا فحسب بل انه نور يهتدى به كثير من العاملين العلماء الذين يدركون أنه على الرغم من الانجازات الفذة لهذا الفصل الذى لم يسبق مثيل لها ، فانهم مازالوا فى ميدان القوانين الرئيسية يتحسسون طريقهم فى الظلام .

٥ ــ ما أمامنا من عمل

لقد اعتاد نقاد حياتنا اليوم أن يقولوا انه بما أن العلم قد ادى الى التحرك الذاتى والى صناعة البضائع المادية بتكاليف قليلة وبكميات هائلة ، فان الحياة ستصبح هينة مريحة . انهم يقولون ان الانسان ستجف ينابيع جهوده وسينحل نتيجة لهذا الضمور فى قواه . قد يكون الأمر كذلك ، ولكن أولئك الذين ينظرون بعين الحنين الى الماضى يجب أن يتذكروا انه مقابل صانع ماهر واحد سعيد الحظ كان يتقن عمله كان هناك مئات من المتسولين المصابين بالدرن الذين لا يجدون عملا قط ، وانه حول كل بلاط فى القرن الثامن عشر حيث كان الأمير أو الدوق الحاكم يرعى الفنون وينشىء بطانة من رجال العلم الظرفاء كان الجزء الأعظم من الرعية يقضون حياتهم فى كفاح من أجل الحصول على قوتهم اليومى .

اما اليوم فالصورة مختلفة : هناك فقر مدقع أقل ، وامتيازات أقل ومساواة أكثر ــ وهناك بعض الخسائر كما هناك بعض الأرباح . ومع ذلك فمن المحتم أن يعترف أدق النقاد أن العلم التطبيقى قد خفف من أعباء الكثيرين وهيأ فرصا واسعة للاستفادة من وقت الفراغ ، كما لم يعد ميزة للقلة من الناس . وقد انتشرت مثل هذه التغيرات بسرعة عظيمة فى كثير من البلاد الصناعية حتى أصبحت الكتب الآن فى متناول الجميع واصبحت السيارة والراديو والتليفزيون فى متناول العامل الذى يتناول اجره أسبوعيا ، وحتى أصبح قضاء الأجازات فى الخارج وسيلة عادية للترويح عما يشعرون به من ارهاق وملل .

ان نفس وجود وسائل اللهو فى كل مكان على نطاق واسع له تأثير سيىء ، فعلى الرغم من أن الانسان حر فى استعمال وقت فراغه كما

يشاء ، الا أنه كائن ذو عادات ويميل الى التفكير والتصرف كما يفعل زملاؤه . ولذلك فمن المحتمل أن يتقبل أفكارا يستقيها من الصحف والراديو والتليفزيون والسينما ، أفكارا قد يرفضها وهو فى لحظاته الهادئة . وقد لا تكون مثل هذه الأفكار ذات ضرر مباشر ، ولكن التكرار المتواصل قد يثلم نصل قواه الناقدة الحادة .

وقد تحدث بعض التأثيرات من ذات طبيعة العمل الذى تتطلبه الصناعة الحديثة . والآن وقد أزاح التحرك الذاتى عن كاهل الانسان عبء كثير من مسك الدفاتر ورعاية الآلات ، تلك الأعمال المملة ، فان هذا قد لا يستلزم استعماله وقت فراغه الاضافى بحكمة . انه قد يشعر بتقليل مسئوليته عن البضاعة المصنوعة التى تخرج فى النهاية بعد مرورها بين صف من العمال والآلات ، ويقدر مجهوده فقط على أساس القدر الذى يتقاضاه مقابل انتاجه .

ولكن أفى مقدورنا أن نرجع عقارب الساعة الى الوراء ؟ ان تآلية العمل ، والوحدات الادارية الكبيرة فى الصناعة والحكومة كذلك ، يبدو أنها وجدت لتبقى . وسيكون الأمر أمر ايجاد توازن معقول بين حاجة الفرد الى المسئولية مع شعور بأنه ذو قيمة فى العمل الذى يقوم به ، وبين القدر الضرورى من الرقابة المنظمة التى تتطلبها ادارة مصنع أو مصلحة أو عمل تجارى . انه لابد من ايجاد حل اذا كان من المحتم الا يلغى التحرر من الفاقة والكد المفرط بواسطة فقدان حرية الجهد الانسانى الثمينة .

أسيقوم الانسان بهدم تلقاء نفسه؟ لقد قال باسكال(١) منذ ثلاثة قرون أن الثورات تغير كل شىء الا قلب الانسان . هل لنا أن نتفق معه ونتوقع أن يكون الانسان أنانيا دائما متصفا بالروح العدوانية ، مستعدا أن يكون إمعة يجرى وراء آلهة كاذبة ؟ أفى استطاعة الانسان أن يتعلم بعض السيطرة على نفس تلك النظم التى تشكل حياته ؟ ان علم النفس الاجتماعى فى أولى مراحله فقط ، ولا تتطلب الأبحاث الخاصة بعلاقات الانسان بزملائه أمانة الطريقة العلمية التامة فحسب ، بل تتطلب الحكمة المكتنزة لفلاسفة الماضى العظام أيضا .

---

(١) الفيلسوف الفرنسى الشهير (١٦٢٣ ــ ١٦٦٢) ، الذى كان عالم رياضيات ممتاز ، واخترع آلة حسابية تدل على عبقريته كما قام بتجارب ألمعية فى علم استاتيكا السوائل وعلم الموائع المرنة (المترجم) .

أن الأمل يأتي من العلم ذاته الذى يأمرنا أن نلقى نظرة فحص طويلة على الزمن . انه من المقدر أن الانسان قد أخذ يستقر فى مجتمعات زراعية ثابتة بعد ما يقرب من ستة آلاف سنة من تعلمه استخدام العدد والآلات . ولذلك فمدنيتنا الحالية التى تعتمد بدرجة كبيرة على العلم الذى نشأ خلال الثلثمائة سنة الأخيرة انما هى طور حديث من أطوار تاريخنا . ان لدينا الكثير مما يدعونا الى تأنيب أنفسنا لاستغلال علمنا التطبيقى فى الحروب المهلكة ، وللأحقاد والشكوك الدولية ولا نصياعنا لمشيئة مستبد ظالم . ولكن اذا تجنب الانسان حربا نووية فقد يتحسس طريقه الى قدر من الاستقرار ، ويتعلم كيف يعيش فى سلام مع زملائه . قد يستغرق هذا وقتا طويلا اذا حكمنا على ذلك بمقتضى سرعة أجدادنا الغابرين . وسيكون الثمن لذلك ، كثمن الحرية ، اليقظة الدائمة ، وذلك لأنه مهما حقق أطفالنا ، فانهم سيفعلون ذلك فحسب على هدى النور الذى يتلقونه منا .

محتويات الكتاب

الموضـــوع	الصفحة

الفصل الرابع ـ افتتاح عصر التجـربة

الفصـل الخـامس ـ عصر نيـوتن

الفصـل السـادس ـ العلم فى الثورة الصناعية

الفصـل السـابع ـ العلم كعامل فى التغير الاجتماعى

الموضـــــوع	الصفحة

الفصـل الثـامن ـ أسس الكيميـاء

الفصـل التاسع ـ أسس عصر الكهرباء

الفصـل العاشر ـ الطاقة والقـوة

الفصـل الحـادى عشر ـ دراسة الأشياء الحية

الموضـــــوع	الصفحة

الفصـــل الثانى عشر ــ مفهوم النشوء والارتقـاء

الفصـــل الثالث عشر ــ الخطوات التى أدت الى العصر العلمى الحـــديث

الفصـــل الرابع عشـــر ــ قوى جديدة ومواد جديدة

الفصـــل الخامس عشر ــ العـــلم والصحة

الموضـــــوع	الصفحة

الفصـــل السادس عشر ــ الى أين نحن ذاهبون

توضيحات

أ ـ لوحـــــات

رقم	موضوع اللوحة	صفحة
٢٥	(أ) شريحتان لعضلة انسان وجلد دودة أرضية تحت المجهر	١٨٩
	(ب) الخلية البيضية لقوقع	١٨٩
٢٦	(أ) خلايا دم الانســـان	١٩٠
	(ب) البكتير العنقودى « السبحى »	١٩٠
٢٧	استخدام الاشعة السينية فى فحص صورة	٢٣٤
٢٨	صورة أشعة سينية لاصبع انســـان	٢٣٥
٢٩	طبق الزرع الاصلى الذى شوهد عليه أثر البنسلين	٢٥٨
٣٠	نموذج للنيلون البلورى	٢٥٩
٣١	التهاب السنجابية: التهاب المادة السنجابيةفى النخاع الشوكى	٢٧٤
٣٢	جهاز فيرانتى بيرسيس لتنسيق البيانات	٢٧٥

ب ـ أشكال توضيحية

ملتزم التوزيع
فى الجمهورية العربية المتحدة وجميع أنحاء العالم
الشركة القومية للتوزيع

مكتبات الشركة بالجمهورية العربية المتحدة

الفرع	العنوان	التليفون / المدينة
١ ــ فرع شريف	٣٦ شارع شريف	تليفون ٤٠٠١٢ القاهرة
٢ ــ فرع ٢٦ يوليو	١٩ شارع ٢٦ يوليو	٥٥٠٣٦ القاهرة
٣ ــ فرع ميدان عرابى	٥ ميدان عرابى	٤٦٣٨٣ القاهرة
٤ ــ فرع المبتديان	١٣ شارع محمد عز العرب	٣١١٨٧ القاهرة
٥ ــ فرع الجمهورية	٢٢ شارع الجمهورية	٩١٠٧٤٢ القاهرة
٦ ــ فرع عابدين	١٤ شارع الجمهورية	٩١٤٢٢٣ القاهرة
٧ ــ فرع الحسين	ميدان الحسين	القاهرة
٨ ــ فرع الجيزة	١ ميدان الجيزة	٨٩٨٣١١ القاهرة
٩ ــ فرع أسوان	السوق السياحى	٢٩٣٠ اسوان
١٠ ــ فرع الاسكندرية	٤٩ ش سعد زغلول	٢٥٩٢٥ الاسكندرية
١١ ــ فرع طنطا	ميدان الساعة	٢٥٩٤ طنطا
١٢ ــ فرع المنصورة	ميدان المحطة	المنصورة
١٣ ــ فرع أسيوط	شارع الجمهورية	أسيوط

مراكز ووكلاء الشركة خارج الجمهورية العربية المتحدة

الوكيل	العنوان	المدينة
١ ــ مركز توزيع الجزائر	شارع بن مهيدى العربى رقم ١١ مكرر	الجزائر
٢ ــ مركز توزيع لبنان	شارع دمشق	بيروت
٣ ــ مركز توزيع العراق	ميدان التحرير	بغداد
٤ ــ عبد الرحمن الكيالى	، شارع ٢٩ آيار ــ دمشق	سوريا
٥ ــ الشركة العربية للتوزيع	ص . ب رقم ٤٢٢٨ بيروت	لبنان
٦ ــ قاسم الرجب	مكتبة المثنى ــ بغداد	العراق
٧ ــ رجا العيسى	وكالة التوزيع ــ عمان	الأردن
٨ ــ عبد العزيز العيسى	منار للتوزيع ص.ب ١٥٧١	الكويت
٩ ــ وكالة المطبوعات	الكويت	الكويت
١٠ ــ مكتب الوحدة العربية	شارع عمرو بن العاص ــ ليبيا	بنغازى
١١ ــ محمد بشير الفرجانى	٥٣ شارع عمرو بن العاص	طرابلس
١٢ ــ الشركة الوطنية للتوزيع		تونس
١٣ ــ وكالة الأهرام	شارع الرشيد	عدن
١٤ ــ المكتبة الوطنية	المنامة ــ الخليج العربى	البحرين
١٥ ــ مكتبة العروبة	ص.ب ٤٢ و ٦٤	الدوحة
١٦ ــ عبد الله حسين الرستمانى	المكتبة الاهلية ص.ب ٢٦١	دبى/عمان
١٧ ــ المكتبة الحديثة	ص . ب ٢٧	مسقط
١٨ ــ أحمد سعيد حداد	المكتبة الوطنية ص.ب ٢٥	المكلا
١٩ ــ مكتبة دار القلم	شارع عبد الغنى ميدان التحرير	صنعاء
٢٠ ــ على ابراهيم بشير	ص . ب ٨٢	اسمرة
٢١ ــ عبد الله قاسم الحرازى	ص . ب ١٧١٤	اديس ابابا
٢٢ ــ مكتبة سمتر	ص . ب ٩٣٦	مقديشيو
٢٣ ــ عبد الله غانم محمد	ص . ب ٨٤٥	ممباسا
٢٤ ــ مكتب توزيع المطبوعات العربية	لندن	لندن
٢٥ ــ المكتب التجارى الشرقى	٤٠ ش كندهار ص ب ٢٢٠٥	سنغافورة
٢٦ ــ مكتبة مصر		الخرطوم
٢٧ ــ مكتبة الفجر		وادى مدنى
٢٨ ــ زكى جرجس بطليوس	ص.ب رقم ١٥٥	الخرطوم
٢٩ ــ ابراهيم عبد القيوم	مكتبة القيوم ص.ب ٤٨٠	بور سودان
٣٠ ــ عوض الله محمود ديورة	مكتبة ديورة ص.ب ٢٤	عطبرة
٣١ ــ عيسى عبد الله	المكتبة الوطنية ص ٢٤٥	وادى مدنى
٣٢ ــ مصطفى صالح	ص.ب ٤٤	كوستى

أسعار البيع للجمهور فى الدول العربية

سوريا ١٠٠ قرش سورى ــ لبنان ١٠٠ قرش لبنانى ــ الأردن ١٠٠ فلس ــ العراق ١٠٠ فلس ــ الكويت ١٢٠ فلس ــ السودان ١٠٠ مليم ــ ليبيا ١٠٠ مليم ــ قطر ١٥٠ درهم ــ البحرين ١٥٠ فلس ــ عدن ٢٠٠ سنت ــ أديس أبابا ١٠٠ سنت ــ أسمرة ١٠٠ سنت ــ الجزائر ١٥٠ سنتيم

هــذا الكتــاب

يبين هذا الكتاب كيف نمت بعض نواحي معرفتنا العلمية الحالية بعد أن وصل العلم الى أبعد الحدود فى تشكيل حياة الناس وأفكارهم اليوم • ويفرض هذا علينا أن نهيىء له مكانا خاصا فى استعراضنا لتاريخ الحضارة •

وترى مؤلفة الكتاب أن ذلك سيساعد على تزويد غير العلماء بشيء من الادراك للعلم ، كما سيكون تدريبا مفيدا لأولئك الذين يميلون الى الاستهانة بانجازات الماضي المجيدة •



الثمن ٥

دار الكاتب العربى للطباعة والنشر
بالقـاهـرة
فرع الصحافة